

New 2

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. März 2001 (15.03.2001)

PCT

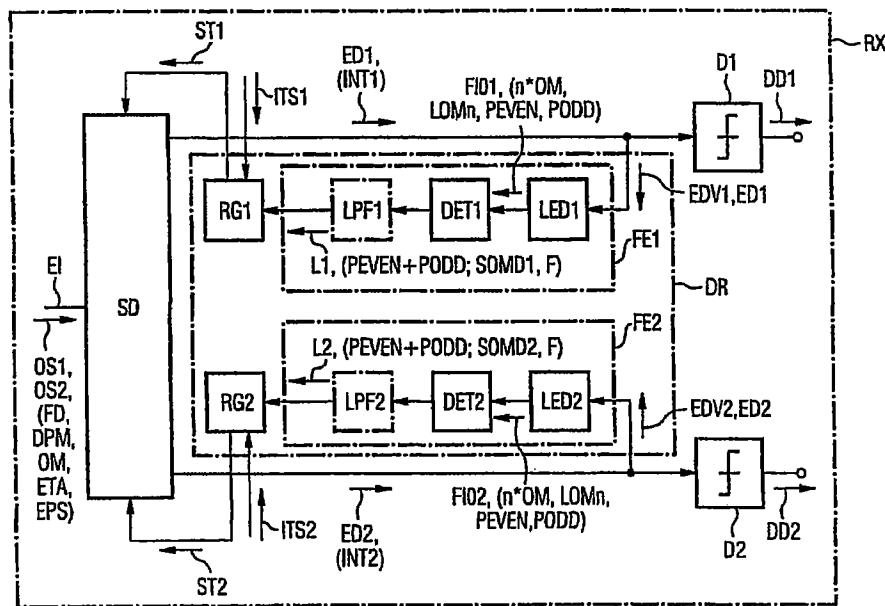
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/19009 A1

- | | |
|---|--|
| <p>(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H04J 14/06</p> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/03066</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum:
5. September 2000 (05.09.2000)</p> <p>(25) Einreichungssprache: Deutsch</p> <p>(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch</p> <p>(30) Angaben zur Priorität:
199 42 936.7 8. September 1999 (08.09.1999) DE
100 17 516.3 10. April 2000 (10.04.2000) DE
100 19 932.1 20. April 2000 (20.04.2000) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];
Witelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).</p> | <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): NOE, Reinhold
[AT/DE]; Helmer Weg 2, 33100 Paderborn (DE).</p> <p>(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).</p> <p>(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, US.</p> <p>(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht:
— Mit internationalem Recherchenbericht.
— Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen.</p> |
|---|--|

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR OPTICAL TRANSMISSION OF INFORMATION

(54) Bezeichnung: ANORDNUNG UND VERFAHREN FÜR EINE OPTISCHE INFORMATIONSÜBERTRAGUNG



(57) Abstract: A device and method, wherein interference (INT1, INT2) occurring in the receiver for various polarized optical partial signals (OS1, OS2) is detected therebetween; a control signal (L1, L2, L12) is formed and used to control a polarization transformer with a fixed downstream polarizing element.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/19009 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Dieser Anordnung und dem zugehörigen Verfahren werden empfangsseitig für verschieden polarisierte optische Teilsignale (OS1, OS2) auftretende Interferenzen (INT1, INT2) zwischen diesen optischen Teilsignalen (OS1, OS2) detektiert, daraus ein Regelsignal (L1, L2, L12) gebildet und zur Steuerung eines Polarisationstransformators mit nachfolgendem festen polarisierenden Element eingesetzt.

Beschreibung

Anordnung und Verfahren für eine optische Informationsübertragung

5

Die Erfindung betrifft eine Anordnung sowie ein dazugehöriges Verfahren für die optische Informationsübertragung nach dem Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche 1 und 16.

- 10 Polarisationsmultiplex, eine Anordnung sowie ein Verfahren für die optische Informationsübertragung mittels verschieden polarisierten optischen Teilsignalen, wird zur Erhöhung der Kapazität eines optischen Übertragungssystems verwendet. Im Tagungsband der European Conference on Optical Commu-
- 15 tions 1993, Montreux, Schweiz, S. 401-404, Beitrag WeP9.3, F. Heismann et al., „Automatic Polarization Demultiplexer for Polarization-Multiplexed Transmission Systems“ ist ein optisches Polarisationsmultiplex-Übertragungssystem beschrieben. Ein wesentlicher Nachteil in dieser Ausgestaltung einer ist
- 20 die Einregelung eines empfängerseitigen Polarisationsstransformators derart, daß die beiden Polarisationsmultiplex-Kanäle auf die beiden Ausgänge eines nachgeschalteten Polarisationsstrahlteilers aufgeteilt werden. Dazu wird ein Korrelationssignal des wiedergewonnenen Taktes mit dem empfangenen
- 25 Signal gebildet und dieses wird durch Einstellung des Polarisationsstransformators maximiert.
- Die Vorgehensweise gemäß dem Stand der Technik hat mehrere Nachteile:
- 30 Zunächst verschwindet das Korrelationsprodukt bei Vorgabe einer reinen, wechselfspannungsgekoppelten Pseudozufallsfolge im zeitlichen Mittel, was die Regelung schwierig oder unmöglich macht.
- 35 Zur Unterscheidung der beiden Polarisationsmultiplex-Kanäle mußten außerdem verschiedene Bitraten gewählt werden, was in der Praxis nicht gestattet ist. Auch mußten deutlich ver-

schiedene optische Wellenlängen gewählt werden, was ebenfalls in der Praxis unzulässig ist.

5 Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Anordnung sowie ein dazugehöriges Verfahren für die optische Informationsübertragung anzugeben, welche die Nachteile des Standes der Technik vermeiden.

10 Diese Aufgabe wird durch eine in Anspruch 1 angegebene Anordnung sowie durch ein im Patentanspruch 16 angegebenes Verfahren gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

15

Die Lösung des Problems liegt darin, daß eine auftretende Interferenz der beiden optischen, verschieden polarisierten Polarisationsmultiplexsignale in einem Signalverarbeitungsmodul detektiert wird und zur Steuerung eines steuerbaren polarisierenden Elementes dient. Dazu kann diese Interferenz sendeseitig konditioniert, d.h. randomisiert werden. Entsprechende spektrale Teilsignale werden durch Polarisationsregler minimiert, so daß Nebensprechen bei Polarisationsmultiplex minimiert und gleichzeitig die Nutzsignale wenigstens näherungsweise maximiert werden. Alle genannten Nachteile des Standes der Technik werden dabei vermieden.

20
25

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird das Polarisationsmultiplexsignal sendeseitig aus einem Lasersignal erzeugt, welches zunächst auf zwei Signalzweige aufgeteilt wird und dort jeweils getrennt intensitätsmoduliert wird. Diese Signalzweige werden anschließend in einem Polarisationsstrahlteiler mit orthogonalen Polarisationen zusammengeführt. Gleichzeitig wird die Frequenz des Lasers moduliert. Durch eine Laufzeitdifferenz dieser Zweige führt die Frequenzmodulation zu einer differentiellen Phasenmodulation zwischen den Multiplexsignalen.

30
35

Empfängerseitig wird das Signal mit einem Koppler auf zwei Empfängerzweige aufgeteilt. In jedem Empfängerzweig folgt eine eingangsseitige Polarisationsregelung, ein Polarisator zur Unterdrückung des jeweils unerwünschten Polarisationsmultiplexkanals und ein konventioneller Photoempfänger mit je einer Photodiode und schließlich den Photodioden nachgeschalteten elektrischen Datensignalregeneratoren. Mittels je eines Filters werden spektrale Teilsignale detektiert. Diese verschwinden nur dann, wenn eines der Multiplexsignale vom Polarisator vollständig unterdrückt wird. Dadurch ergibt sich ein einfaches und gleichzeitig hochwirksames Regelkriterium zur Einstellung des jeweiligen Polarisationsstransformators. In diesem Fall empfängt und regeneriert jeder der Regeneratoren nur einen Polarisationsmultiplex-Kanal, was der gewünschten empfängerseitigen Trennung der Signale entspricht. In einer Weiterbildung wird vor Erreichen des Filters vorzugsweise mit der zeitlichen Ableitung des wiedergewonnenen Datensignals des jeweils anderen Kanals korreliert. Auf diese Weise gewinnt man ein hochgenaues Regelkriterium zur Kompensation von Polarisationsmodendispersion.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen

Figur 1 einen Polarisationsmultiplex-Sender mit nur einem Laser,

Figur 2 einen Polarisationsmultiplex-Sender mit zwei Lasern,

Figur 3 einen erfindungsgemäßen Empfänger,

Figur 4 einen Separator/Detektor,

Figur 5 eine Variante eines Teils der Figur 3,

Figur 6 ein Vektordiagramm linearer Polarisationszustände,

Figur 7 eine Ausführungsvariante eines Separators/Detektors,

Figur 8 eine Ausführungsvariante einer Filtereinheit,

Figur 9 eine weitere Ausführungsvariante einer Filtereinheit,

Figur 10 einen weiteren erfindungsgemäßen Empfänger,

- Figur 11 eine Variante eines Teils der Figur 10,
Figur 12 ein korrelierendes Element,
Figur 13 eine vorteilhafte Ausgestaltung des korrelierenden Elements,
5 Figur 14 ein weiteres korrelierendes Element.

In einer Sendeanordnung gemäß **Figur 1** wird das Ausgangssignal eines Sendelasers LA durch einen sendeseitigen Leistungsteiler PMC mit etwa gleichen Leistungen auf zwei Lichtwellenleiter aufgeteilt. Ggf. notwendige optische und/oder elektrische Verstärker sind hier und in den folgende Figuren der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt. Der sendeseitige Leistungsteiler PMC kann z.B. ein polarisationserhaltender Faserkoppler sein. Die so gewonnenen Signale werden durch je
10 einen Modulator MO1, MO2 geleitet, welcher bevorzugt als Intensitätsmodulator, oder aber z.B. als Phasenmodulator ausgebildet ist und wo sendeseitige Modulationssignale SDD1 bzw. SDD2 aufgeprägt und so optische Teilsignale OS1, OS2 geschaffen werden. Diese sind moduliert. OS1 ist ein erstes und OS2
15 ist ein zweites optisches Teilsignal. Diese werden durch einen sendeseitigen Polarisationsstrahlteiler PBSS mit vorzugsweise orthogonalen Polarisationen kombiniert. Statt des sendeseitigen Polarisationsstrahlteilers PBSS kann auch ein einfacher optischer Richtkoppler verwendet werden.

25 Für die Verbindungen zwischen den Modulatoren MO1, MO2 und dem sendeseitigen Polarisationsstrahlteiler PBSS können z.B. ebenfalls polarisationserhaltende Lichtwellenleiter vorgesehen werden, von denen einer um 90° tordiert ist. Alternativ dazu kann in einer dieser Verbindungen ein Modenwandler vorgesehen werden.
30

Um eine gewünschte Kohärenz der optischen Teilsignale OS1, OS2 nach der Kombinierung zu erzielen, ist eine differentielle Phasenmodulation DPM zwischen diesen beiden optischen Teilsignalen OS1, OS2 vorhanden, welche von einem phasendifferenzmodulierenden Mittel erzeugt wird. Erste phasendifferenzmodulierende Mittel PDM1, PDM2, PDM12, PDM21, die alternativ oder additiv eingesetzt werden können, sind Winkelmodu-
35

latoren PHM01, PHM02 eines der optischen Signale OS1, OS2 oder differentielle Winkelmodulatoren PHM012, PHM021. Differentiell bedeutet dabei, daß die Winkelmodulation zwischen den im Idealfall orthogonal zueinander polarisierten optischen Teilsignalen OS1, OS2 wirksam ist. Im Fall einer dabei erzeugten Frequenzverschiebung ist im Ausgangslichtwellenleiter eine Frequenzdifferenz FD vorhanden. Frequenzverschieber, auch differentielle, die sich zur Realisierung dieser ersten phasendifferenzmodulierenden Mittel PDM1, PDM2, PDM12, PDM21 eignen, können insbesondere akustooptisch oder elektrooptisch arbeiten, im Fall der nicht gleichzeitig einer Leistungsteilung dienenden phasendifferenzmodulierenden Mittel PDM1, PDM2, PDM12 vorzugsweise mit voller Modenkonversion. Auch ein sendeseitiger Leistungsteiler PMC kann als phasendifferenzmodulierendes Mittel PDM21 dienen, beispielsweise bei Realisierung durch einen als Frequenzverschieber arbeitenden akustooptischen Modenkonverter mit hälftiger Leistungskonversion, der von einem Polarisationsstrahlteiler gefolgt wird. In einem weiteren Ausführungsbeispiel eines Polarisationsmultiplex-Senders wird der Sendelaser LA mit einem optischen Frequenzmodulationssignal FMS beaufschlagt, das aus einem weiteren phasendifferenzmodulierenden Mittel PDM0 bereitgestellt wird. Beispielsweise wirkt sich eine sinusförmige optische Frequenzmodulation FM mit einem Hub von einigen 100 MHz kaum auf die Sendebandbreite eines 10Gb/s-Senders aus. Durch einen von Null verschieden gewählten Laufzeitdifferenzbetrag $|DT1-DT2|$ zwischen den optischen Laufzeiten DT1, DT2 der durch die Modulatoren MO1, MO2 laufenden optischen Teilsignale OS1, OS2 zwischen sendeseitigem Leistungsteiler PMC und sendeseitigem Polarisationsstrahlteiler PBSS wird die Frequenzmodulation in die gewünschte differentielle Phasenmodulation DPM der optischen Teilsignale OS1, OS2 hinter dem sendeseitigen Polarisationsstrahlteiler PBSS umgewandelt. Sie besitzt ein Spektrum, welches von dem der optischen Frequenzmodulation FM abhängt.

Im einfachsten Fall kann man sogar auf die externe optische Frequenzmodulation FM verzichten und stattdessen die natürli-

chen Frequenzschwankungen des Sendelasers LA, seine Linienbreite, ausnutzen. Auch diese Frequenzschwankungen führen über den Laufzeitdifferenzbetrag $|DT1-DT2|$ zwischen den optischen Laufzeiten DT1, DT2 zu differentieller Phasenmodulation DPM zwischen den optischen Teilsignalen OS1, OS2.

Desweiteren ist eine differentielle Phasenmodulation DPM zwischen den optischen Teilsignalen OS1 und OS2 auch dann vorhanden, wenn - alternativ zu Figur 1 - eine Sendeanordnung gemäß Figur 2 mit zwei optischen Sendern TX1, TX2 verwendet wird. Die optischen Sender TX1, TX2 senden die orthogonal polarisierten optischen Teilsignale OS1, OS2 aus, die in einem sendeseitigen Polarisationsstrahlteiler PBSS kombiniert werden. In diesem Fall wirken die optischen Sender TX1, TX2 im Zusammenspiel mit dem sendeseitigen Polarisationsstrahlteiler PBSS als weitere phasendifferenzmodulierende Mittel PDML. Die dadurch entstehende differentielle Phasenmodulation DPM addiert sich zu einem statischen Differenzphasenwinkel EPS, welcher zu einem bestimmten Zeitpunkt zwischen den optischen Teilsignalen auftritt. Die optischen Sender TX1, TX2 werden mit sendeseitigen Modulationssignalen SDD1 für den optischen Sender TX1, und SDD2 für den optischen Sender TX2 moduliert.

Ziel der Sendeanordnungen gemäß Figur 1 und Figur 2 ist jeweils die Randomisierung des Interferenzphasenwinkels; d.h. beispielsweise können im Fall vorhandener Frequenzdifferenz FD zwischen den optischen Teilsignalen OS1, OS2 die cos- und die sin-Funktion der differentiellen Phasenmodulation DPM zwischen den optischen Teilsignalen OS1 und OS2 jeweils den Mittelwert Null besitzen, so daß wie später beschrieben gewonnene eingangsseitige Regelsignale L1, L2, L12 unabhängig vom statischen Differenzphasenwinkel EPS sind.

Figur 2 zeigt auch einen prinzipiellen Aufbau eines Übertragungssystems mit Polarisationsmultiplex. Nach Zusammenführen der optischen Teilsignale OS1, OS2 durch den sendeseitigen Polarisationsstrahlteiler PBSS können die Signale anschließend über einen Lichtwellenleiter LWL zu einem Empfänger RX

mit einem Eingang EI übertragen werden. Da der Lichtwellenleiter LWL i.a. nicht polarisationserhaltend ist, ergibt sich die Schwierigkeit, die beiden optischen Teilsignale OS1, OS2 wieder zu trennen.

5

Gemäß Figur 3 besteht der Empfänger RX beispielsweise aus einem Separator/Detektor SD und nachgeschalteter Empfänger-elektronik.

- 10 Ein Separator/Detektor SD für Polarisationsmultiplex ist in Figur 4 gezeichnet. Die empfangenen optischen Teilsignale werden vom Eingang EI aus einem steuerbaren polarisierenden Element SUB zugeleitet. Dieses enthält einen vorzugsweise als
- 15 endlos ausgebildeten steuerbaren Polarisationstransformator PT, welcher zumindest ein erstes ausgangsseitiges Regelsignal ST1, vorzugsweise auch ein zweites ausgangsseitiges Regelsignal ST2 empfängt. Sowohl das erste ausgangsseitige Regelsignal ST1 als auch das zweite ausgangsseitige Regelsignal ST2 können aus einem oder mehreren Signalen bestehen. Am Ausgang
- 20 des Polarisationstransformators PT ist ein festes polarisierendes Element EPBS angebracht. Dieses kann als Polarisationsstrahlteiler ausgebildet sein, welcher erste und zweite Signalanteile OUT1, OUT2 an seinen Ausgängen zur Verfügung stellt. Die Signalanteile OUT1, OUT2 sollen im Idealfall die
- 25 orthogonal polarisierten optischen Teilsignale OS1 bzw. OS2 sein; sie sind dies jedoch nur bei geeigneter Einstellung des steuerbaren Polarisationstransformators PT. Dieser enthält einen ersten eingangsseitigen, als zur PMD-Kompensation geeignet ausgebildeten Polarisationstransformator PMDC, genannt
- 30 PMD-Kompensator, der von zu seiner Steuerung ausgebildeten ausgangsseitigen Regelsignalen STW1, STW2 gesteuert wird, und einen ihm in Ausbreitungsrichtung der optischen Signale OS1, OS2 nachfolgenden ausgangsseitigen Polarisationstransformator SPT, der von den zu seiner Steuerung ausgebildeten
- 35 deten Regelsignalen ST1, ST2 gesteuert wird. Wenn der steuerbare Polarisationstransformator PT dagegen nicht optimal eingestellt sind, ergibt sich Nebensprechen durch das jeweils

unerwünschte optische Teilsignal OS2 bzw. OS1. Erfinderischer
Gedanke ist es, die in diesem Fall auftretende Interferenz
INT1 bzw. INT2 der beiden optischen Teilsignale OS1, OS2 zu
detektieren. In diesen Signalanteilen OUT1 bzw. OUT2 tritt
5 diese Interferenz INT1 bzw. INT2 auf, hier vermittelt durch
die optische Feldstärke oder die optische Leistung.
Die Signalanteile OUT1 bzw. OUT2 werden in Photodetektoren
PD11 bzw. PD21 detektiert, welche ein erstes detektiertes
Signal ED1 bzw. ein zweites detektiertes Signal ED2 erzeugen.
10 Diese enthalten wiederum die Interferenz INT1 bzw. INT2, hier
aber vermittelt durch die Photoströme der Photodetektoren
PD11 bzw. PD21.

Der eingangsseitige Polarisationstransformator PMDC, also der
15 PMD-Kompensator PMDC, kann z.B. wie in den deutschen Patenan-
meldungen 19841755.1 und 19830990.2 beschrieben ausgeführt
werden. Ebenfalls von Interesse ist eine Ausführung mit einem
wenigstens näherungsweise frequenzunabhängigen steuerbaren
Polarisationstransformator, welcher von einem stark frequenz-
20 abhängigen, festen Polarisationstransformator gefolgt wird,
der beispielsweise nur Polarisationsmodendispersion erster
Ordnung aufweist. Letzterer kann aus einem Stück polarisati-
onserhaltender Faser mit einer differentiellen Gruppenlauf-
zeit zwischen zwei Moden bestehen. Solche Anordnungen sind
25 aus IEEE J. Lightwave Technology, 17(1999)9, S. 1602-1616 und
den dort zitierten Literaturstellen bekannt. Das steuerbare
polarisierende Element SUB oder Teile davon, insbesondere der
steuerbare Polarisationstransformator PT, können auf einem
Substrat, welches beispielsweise aus Lithiumniobat besteht,
30 integriert sein. Statt des integrierten Aufbaus könnten bei-
spielsweise auch der eingangsseite Polarisationstransformator
PMDK weggelassen und der ausgangsseitige Polarisationstrans-
formator SPT und das feste, als Polarisationsstrahlteiler
ausgebildete polarisierende Element EPBS wie im Tagungsband
35 der European Conference on Optical Communications 1993, Mont-
reux, Schweiz, S. 401-404, Beitrag WeP9.3 beschrieben aufge-
baut werden. Auch Ausführungsformen gemäß den in den deut-

schen Patentanmeldungen 19858148.3, 19919576.5 beschriebenen Gegenständen sind möglich.

Die detektierten Signale ED1, ED2 werden vorzugsweise wie in
5 Figur 3 gezeigt Digitalempfängern D1, D2 zugeleitet. Diese können Entscheider und Taktrückgewinnungseinheiten beinhalten und geben Datenausgangssignale DD1, DD2 aus, welche im Idealfall logisch identisch sind mit den sendeseitigen Modulationsignalen SDD1 bzw. SDD2.

10

Die detektierten Signale ED1, ED2 werden einem Signalverarbeitungsmodul DR zugeleitet. Prinzipiell können stattdessen auch direkt die das steuerbare polarisierende Element SUB verlassenden Signalanteile OUT1, OUT2 diesem Signalverarbeitungsmodul DR zugeleitet werden; es ist dann für die Verarbeitung dieser Signalanteile OUT1, OUT2 auszulegen und die Photodetektoren PD11, PD21 entfallen.

15

Dieses Signalverarbeitungsmodul DR detektiert auftretende Interferenz INT1, INT2 zwischen den optischen Teilsignalen OS1, OS2 und kann auch Regler RG1, RG2 enthalten. Im Signalverarbeitungsmodul DR werden zu diesem Zweck als detektierte Signale ED1, ED2 ausgebildete verarbeitbare Signale EDV1, EDV2 verarbeitet. Es gibt ein ausgangsseitiges Regelsignal ST1, ST2 ab, das den ausgangsseitigen Polarisationstransformator SPT1, SPT2 ansteuert. Diese verarbeitbaren Signale EDV1, EDV2 werden dazu Filtern LED1 bzw. LED2 zugeleitet. Um den Aufwand gering zu halten, kann man z.B. den Strom an derjenigen Elektrode einer Photodiode messen, an der das Datensignal nicht abgenommen wird. Das bringt den Vorteil mit sich, daß
20 OS2 und kann auch Regler RG1, RG2 enthalten. Im Signalverarbeitungsmodul DR werden zu diesem Zweck als detektierte Signale ED1, ED2 ausgebildete verarbeitbare Signale EDV1, EDV2 verarbeitet. Es gibt ein ausgangsseitiges Regelsignal ST1, ST2 ab, das den ausgangsseitigen Polarisationstransformator SPT1, SPT2 ansteuert. Diese verarbeitbaren Signale EDV1, EDV2 werden dazu Filtern LED1 bzw. LED2 zugeleitet. Um den Aufwand gering zu halten, kann man z.B. den Strom an derjenigen Elektrode einer Photodiode messen, an der das Datensignal nicht abgenommen wird. Das bringt den Vorteil mit sich, daß
25 SPT1, SPT2 ansteuert. Diese verarbeitbaren Signale EDV1, EDV2 werden dazu Filtern LED1 bzw. LED2 zugeleitet. Um den Aufwand gering zu halten, kann man z.B. den Strom an derjenigen Elektrode einer Photodiode messen, an der das Datensignal nicht abgenommen wird. Das bringt den Vorteil mit sich, daß
30 die Datensignale nicht verfälscht werden, und daß durch die an der anderen Elektrode der Photodiode vorhandene kapazitive Abblockung gegen Masse bereits wenigstens teilweise die gewünschte Filterung vorgenommen wird. Detektierte Signale ED1, ED2 bestehen in diesem Fall jeweils aus einem breitbandigen
35 Datensignal auf einer und einem niederfrequenten Signal auf einer anderen Leitung. Ersteres wird in Digitalempfänger D1 bzw. D2 weiterverarbeitet, letzteres Filter LED1 bzw. LED2

zugeführt. Alternativ dazu können das breitbandige Datensignal auf einer und das niederfrequente Datensignal auf einer anderen Leitung jeweils zwei verschiedenen Photodioden entstammen, welche zusammen mit jeweils einem vorgeschalteten
5 weiteren optischen Leistungsteiler den Photodetektor PD11 bzw. PD21 bilden.

Filter LED1, LED2 sind bevorzugt als im Vergleich zur Symbolrate niederfrequente Bandpaßfilter ausgelegt und selektieren dadurch spektrale Teilsignale FIO1, FIO2, in deren Frequenz-
10 bereichen durch die spezielle Ausprägung der Sendevorrichtung gemäß Figuren 1 oder 2 im steuerbaren polarisierenden Element SUB Interferenzen INT1, INT2 zwischen den optischen Teilsignalen OS1 und OS2 auftreten. Im Fall einer optischen Frequenzmodulation FM ist dies jeweils die Modulationsfrequenz
15 MO - i.a. nicht identisch mit dem Frequenzmodulationshub - von beispielsweise 1 MHz, aber auch andere Modulationsfrequenzen im Bereich von ca. 0,1 Hz bis 1 GHz sind zumindest prinzipiell geeignet. Es können auch Vielfache $n \cdot MO$ der Modulationsfrequenz mit ganzzahligem n alleine oder zusammen
20 mit ihr ausgewertet werden. Die Filter LED1, LED2 werden bevorzugt als Bandpaßfilter ausgelegt. Die Auslegung als Tiefpaßfilter mit Durchleitung des Gleichanteils ist ebenfalls möglich. Bei aperiodischem Frequenzmodulationssignal FMS oder einer durch die Linienbreiten der optischen Sender TX1, TX2
25 stark schwankenden Frequenzdifferenz FD zwischen den optischen Teilsignalen OS1, OS2 lassen die Filter LED1, LED2 bevorzugt das spektrale Maximum der Interferenzen INT1, INT2 in den detektierten Signalen ED1, ED2 passieren.

30 Die selektierten spektralen Teilsignale FIO1, FIO2 an den Ausgängen der Filter LED1, LED2 werden Detektoren DET1 bzw. DET2 zugeleitet, welche ggf. nach Tiefpaßfilterung in Tiefpaßfiltern LPF1, LPF2 eingangsseitige Regelsignale L1, L2 erzeugen. Diese Detektoren DET1, DET2 können als Effektivwert-
35 oder Leistungsdetektoren ausgebildet sein. Bei Leistungsdetektoren wird definitionsgemäß das Moment zweiter Ordnung SOMD1, SOMD2 des entsprechenden spektralen Teilsignals FIO1,

FIO2 ausgewertet. Das eingangsseitige Regelsignal L1, L2 ist dann eine als linear ausgebildete Funktion F dieses Moments zweiter Ordnung SOMD1, SOMD2. Bei Effektivwertdetektoren ist das eingangsseitige Regelsignal L1, L2 eine als Wurzelfunktion ausgebildete Funktion F dieses Moments zweiter Ordnung SOMD1, SOMD2 dieses spektralen Teilsignals FIO1, FIO2. Ggf. können auch Spitzenwertdetektoren und ähnliche Einrichtungen verwendet werden, insbesondere, wenn ein im wesentlichen monofrequentes spektrales Teilsignal FIO1, FIO2 vorliegt, dessen Spitzenwert eine auch hier wenigstens näherungsweise als Wurzelfunktion ausgebildete Funktion F der Leistung, also dieses Moments zweiter Ordnung SOMD1, SOMD2 dieses spektralen Teilsignals FIO1, FIO2 ist. Die eingangsseitigen Regelsignale L1, L2 werden Reglern RG1, RG2 zugeleitet, deren Ausgangssignale als ausgangsseitige Regelsignale ST1, ST2 zur Ansteuerung des steuerbaren polarisierenden Elements SUB im Separator/Detektor SD dienen, hier des in diesem enthaltenen Polarisationstransformators PT. Die Regler RG1, RG2 sind so ausgelegt, daß die eingangsseitigen Regelsignale L1, L2 minimale Beträge annehmen, d.h., minimale Interferenzen INT1, INT2 zwischen optischen Teilsignalen OS1 und OS2 anzeigen. Damit ist optimale Empfängerfunktion gewährleistet.

Das erfindungsgemäße, bereits beschriebene Signalverarbeitungsmodul DR des Empfängers RX in Figur 3 kann durch eine in Figur 5 gezeigte weitere Variante der Erfindung ausgeführt werden. Dies ist möglich in Fällen, in denen ein Separator/Detektor SD mit einem steuerbaren polarisierenden Element SUB vorhanden ist, welches ausgangsseitig Signalanteile OUT1, OUT2 abgibt, die wenigstens näherungsweise orthogonalen Anteilen der ihm zugeleiteten Teilsignale OS1, OS2 entsprechen, also beispielsweise einen steuerbaren Polarisationstransformator PT gefolgt von einem Polarisationsstrahlteiler als festes polarisierendes Element EPBS aufweist, wie in Figur 4 dargestellt. Da die Interferenzen INT1, INT2 und - bei Wahl gleicher Frequenzbänder - auch die spektralen Teilsignale FIO1, FIO2 dann in beiden Empfängerzweigen stets entgegenge-

setzt sind - gleiche elektrische Signalpolaritäten der Empfängerzweige vorausgesetzt -, wird in Figur 5 für solche Fälle in einem ersten Subtrahierer SUBED12 die Differenz zwischen erstem und zweitem als erstes bzw. zweites detektiertes Signal ED1, ED2 ausgebildeten verarbeitbaren Signalen EDV1, EDV2 als weiteres detektiertes Signal ED1-ED2 und gleichzeitig als weiteres verarbeitbares Signal EDV12 verarbeitet. Es wird einem wie Filter LED1, LED2 aufgebautem Filter LED12 zugeführt, welches ein weiteres spektrales Teilsignal FIO12 passieren läßt. Dieses wird einem wie Detektoren DET1, DET2 aufgebauten Detektor DET12 zugeleitet, welcher daraus ein weiteres eingangsseitiges Regelsignal L12 erzeugt, das z.B. gleich dem Moment zweiter Ordnung SOMD12 diese weiteren spektralen Teilsignale FIO12 ist. Es kann ein wie Tiefpaßfilter LPF1, LPF2 aufgebautes Tiefpaßfilter LPF12 folgen. Ein Regler RG erzeugt ausgangsseitige Regelsignale ST1 und ggf. ST2. Er ist so ausgelegt, daß das ihm zugeführte eingangsseitige Regelsignal L12 minimiert wird und damit auch die Interferenzen INT1, INT2. Prinzipiell wäre zur Bereitstellung des Eingangssignals des einzigen Detektors DET12 ein einziges weiteres Filter LED12 ausreichend; da breitbandige Subtrahierer SUBED12 jedoch aufwendig sind, ist es i.d.R. günstiger, an den Eingängen eines entsprechend schmalbandigeren ersten Subtrahierers SUBED12 zunächst Filter LED1 bzw. LED2 vorzusehen und ggf. an dessen Ausgängen trotzdem ein weiteres Filter LED12, welches kaskadiert mit Filter LED1 bzw. LED2 die gewünschte spektrale Formung der Differenz der detektierten Signale ED1, ED2 ergibt.

Die Regler RG1, RG2, RG in den Figuren 3 und 5 arbeiten bevorzugt nach einem Lock-In-Verfahren und besitzen vorzugsweise Integral- oder Proportional-Integral-Regelglieder. Die Regler RG1, RG2, RG können ggf. auch weggelassen werden, so daß ein eingangsseitiges Regelsignal L1, L2, L12 gleichzeitig als ausgangsseitiges Regelsignal ST1, ST2 dient.

Sowohl die eingangsseitigen Regelsignale L1, L2, L12 als auch die ausgangsseitigen Regelsignale ST1, ST2 der Regler RG1, RG2, RG sind Regelsignale L1, L2, L12, ST1, ST2.

Falls die optische Frequenzmodulation FM durch - vorzugsweise
5 sinusförmige - Direktmodulation eines Halbleiterlasers erzeugt wird, besitzen die optischen Teilsignale OS1, OS2 neben der gewünschten, durch optische Frequenzmodulation FM erzeugten differentiellen Phasenmodulation DPM, die einen Hub ETA besitze, welcher im folgenden als Spitzenhub in Radiant ver-
10 standen wird, auch eine unerwünschte Amplitudenmodulation. Diese ist von den empfängerseitig ausgewählten Polarisationszuständen unabhängig und erschwert daher das Einstellen der Polarisationen in steuerbaren polarisierenden Elementen SUB, SUB1, SUB2, insbesondere der steuerbaren Polarisationstrans-
15 formatoren PT, PT1, PT2. In solchen Fällen kann es günstig sein, Vielfache $n \cdot OM$, beispielsweise $n = 2, 3, 4, \dots$, der Modulationsfrequenz OM auszuwerten.

Zumindest bei sinusförmiger Frequenzmodulation FM sind die
20 Amplituden empfängerseitig detektierter gerader ($n = 0, 2, 4, \dots$) und ungerader ($n = 1, 3, 5, \dots$) Vielfacher $n \cdot OM$ der Modulationsfrequenz OM proportional zu \cos bzw. \sin eines statischen Differenzphasenwinkels EPS, der empfindlich vom Laufzeitdifferenzbetrag $|DT1 - DT2|$ zwischen den optischen Laufzei-
25 ten DT1, DT2 abhängt.

Erfindungsgemäß ist es aber möglich, mindestens ein gerades und gleichzeitig mindestens ein ungerades Vielfaches der Modulationsfrequenz OM auszuwerten. Bei geeigneter Auslegung
30 des oder der Filter LED1, LED2, LED12 ist die jeweilige Filterausgangsleistung als Moment zweiter Ordnung SOMD1, SOMD2, SOMD12 und ist/sind daher auch die eingangsseitigen Regelsignale L1, L2, L12 proportional zu $\cos^2(EPS) + \sin^2(EPS) = 1$, also unabhängig vom statischen Differenzphasenwinkel EPS.
35 Es sei LOMn ein Leistungsübertragungsfaktor bei dem Vielfachen $n \cdot OM$. In einem ersten solchen Beispiel werden Modulationsfrequenz OM, entsprechend Besselinie J1, wobei Jn mit

ganzzzahligem n eine Besselfunktion erster Gattung, n -ter Ordnung sei, und doppelte Modulationsfrequenz $2 \cdot OM$, entsprechend Bessellinie J_2 , durch Filter LED_1 , LED_2 , LED_{12} geführt, und die Detektoren DET_1 , DET_2 , DET_{12} sind Leistungsdetektoren oder Effektivwertdetektoren. Es wird $LOM_1 \cdot J_1(ETA)^2 = LOM_2 \cdot J_2(ETA)^2$ eingestellt, was z.B. durch $|J_1(ETA)| = |J_2(ETA)|$ mittels $ETA = 2,63$ sowie $LOM_1 = LOM_2$ wenigstens näherungsweise erreicht wird.

Die dieser Auslegung zugrundeliegende weitere Ausgestaltung des erfinderischen Prinzips ist, daß die detektierte - oder im Fall frequenzunabhängiger Detektion bereits die detektierbare - erste Leistung $PEVEN$ bzw. zweite Leistung $PODD$, welche man durch Detektion nur geradzahli- ger bzw. nur ungeradzahli- ger Vielfacher der Modulationsfrequenz OM im eingangsseitigen Regelsignal L_1 , L_2 , L_{12} mißt, eine vom statischen Differenzphasenwinkel EPS unabhängige Summe $PEVEN + PODD$ besitzen. Sie besitzen dann auch dieselben Erwartungswerte.

Es folgen weitere Ausführungsbeispiele entsprechend diesem Prinzip:

Es ist möglich, daß der Modulationshub ETA im Laufe der Zeit Schwankungen unterworfen ist, z.B. durch Laseralterung. Um die Detektion dennoch in erster Näherung unabhängig von Differenzphasenwinkel EPS halten zu können, dürfen die eingangsseitigen Regelsignale L_1 , L_2 , L_{12} in erster Näherung nicht vom Modulationshub ETA abhängen. Dies erzielt man beispielsweise durch Filter LED_1 , LED_2 , LED_{12} , welche als Bandpaßfilter ausgebildet sind und jeweils die Modulationsfrequenz OM , ihr Doppeltes $2 \cdot OM$ und ihr Dreifaches $3 \cdot OM$ passieren lassen. Die dabei erforderlichen Werte der Leistungsübertragungsfaktoren sind wenigstens näherungsweise $LOM_1 = 0,72852 \cdot LOM_2$ und $LOM_3 = 1,6036 \cdot LOM_2$, und es wird wenigstens näherungsweise $ETA = 3.0542$ gewählt.

35

Wie oben erwähnt, kann die Detektion bei der einfachen Modulationsfrequenz OM Probleme bringen, so daß es günstiger sein

- kann, stattdessen bei $2 \cdot OM$, $3 \cdot OM$, $4 \cdot OM$ zu detektieren. Die dabei erforderlichen Werte der Leistungsübertragungsfunktionen sind wenigstens näherungsweise $LOM2 = 0,64066 \cdot LOM3$ und $LOM4 = 1,3205 \cdot LOM3$, und es wird wenigstens näherungsweise
- 5 $ETA = 4,2011$ gewählt. Die nicht genannten Leistungsübertragungsfaktoren, im jetzigen Beispiel also $LOM0$, $LOM1$, $LOM5$, $LOM6$, $LOM7$, ... für Frequenzen 0 , OM , $5 \cdot OM$, $6 \cdot OM$, $7 \cdot OM$, ..., seien jeweils wenigstens näherungsweise gleich Null.
- Falls neben der optischen Frequenzmodulation FM auch eine
- 10 Amplitudenmodulation auftritt, können sich die erforderlichen Leistungsübertragungsfaktoren LOM_n ($n = 0, 1, 2, \dots$) von den oben genannten Werten unterscheiden, und zwar desto mehr, je größer die Amplitudenmodulation ist.
- 15 Der Entwurf solcher Bandpaßfilter kann schwierig sein. In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung können mehrere oder einzelne, bevorzugt als Bandpaßfilter ausgebildete Filter $LEDOM_n$ für Frequenzen $n \cdot OM$ vorgesehen werden, da diese Signale bei den Frequenzen $n \cdot OM$ mathematisch orthogonal sind, so daß
- 20 sich ihre Einzelleistungen direkt addieren lassen, ohne Kreuzleistungsterme. Diese Filter $LEDOM_n$ besitzen jeweils einen angeschlossenen, bevorzugt als Leistungsmesser ausgebildeten Detektor $DETOM_n$. Eine solche Ausführungsform der in den Figuren 3 und 5 ausgeführten Elemente, nämlich Filter $LED1$,
- 25 $LED2$, $LED12$, Detektoren $DET1$, $DET2$, $DET12$, Tiefpaßfilter $LPF1$, $LPF2$, $LPF12$, die zu Filtereinheiten $FE1$, $FE2$, $FE12$ zusammengefaßt werden können, zeigt Figur 8. Hier gilt entsprechend dem letzten Ausführungsbeispiel $n = 2, 3, 4$, aber anderes ausgewählte n sind ebenfalls möglich. Die alternativ
- 30 durch Figur 8 implementierte Filtereinheit $FE12$ kann auch die Subtrahiereinheit SE enthalten, wobei sich lineare Funktionsblöcke gemäß Kommutativ- und Distributivgesetz verschieben oder aufteilen lassen.
- Die Aufteilung erfolgt auf Filter $LEDOM_n$ mit ganzzahligem n .
- 35 Die Ausgangssignale dieser Filter $LEDOM_n$ sind spektrale Teilsignale $FIOOM_n$ mit ganzzahligem n und bestehen im wesentlichen aus Spektralkomponenten bei den Frequenzen $n \cdot OM$. Diese

spektralen Teilsignale $FIOOM_n$ mit ganzzahligem n werden Detektoren $DETOM_n$ mit ganzzahligem n zugeleitet.

Die Leistungsübertragungsfaktoren LOM_n ergeben sich jeweils durch Multiplikation des Leistungsübertragungsfaktors eines

5 Filters $LEDOM_n$ mit dem eines Gewichtes G_n , welches Teil des dazugehörigen Detektors $DETOM_n$ ist oder jenem nachgeschaltet. Gewicht G_n kann durch ein Potentiometer realisiert werden.

Spätestens nach der Gewichtung durch Gewicht G_n erhält man jeweils ein Moment zweiter Ordnung SOM_n mit ganzzahligem n ,

10 nämlich die Leistung des spektralen Teilsignals $FIOOM_n$. Diese Momente zweiter Ordnung SOM_n mit dem jeweiligen Leistungsübertragungsfaktor LOM_n werden in einem Addierer ADD addiert.

Dabei werden erfindungsgemäß eine erste Leistung $PEVEN$ mindestens einer Spektralkomponente mit geradzahligem n und eine

15 zweite Leistung $PODD$ mindestens einer Spektralkomponente mit ungeradzahligem n addiert. Am Ausgang des Addierers ADD und ggf. nach Durchlaufen eines Tiefpaßfilters $LPF1$, $LPF2$, $LPF12$

ergibt sich das gewünschte eingangsseitige Regelsignal $L1$, $L2$ oder $L12$ entsprechend den Ausführungsbeispielen von Filter-

20 einheiten $FE1$, $FE2$ oder $FE12$ der Figuren 3 oder 5, welches wiederum erfindungsgemäß vom statischen Differenzphasenwinkel EPS und in erster Näherung vom Modulationshub ETA unabhängig

ist, weil es eine konstante Summe $PEVEN+PODD$ der ersten Leistung $PEVEN$ geradzahlig und der zweiten Leistung $PODD$ ungeradzahlig

25 Spektalkomponenten aufweist.

Das eingangsseitige Regelsignal $L1$, $L2$, $L12$ ist eine Funktion F der Momente zweiter Ordnung SOM_n dieser spektralen Teilsignale $FIOOM_n$, welche linear ist, nämlich die gewichtete Summe der Einzelleistungen dieser spektralen Teilsignale $FIOOM_n$.

30 Detektion und Addition können auch vertauscht werden. In diesem Fall sind in Figur 8 die Detektoren $DETOM_n$ und ggf. Gewichte G_n durch Durchverbindungen zu ersetzen, während hinter dem Addierer ADD ein - in Figur 8 bisher nicht benötigter und deshalb bisher durch eine Durchverbindung zu ersetzender -

35 Detektor $DET1$, $DET2$, $DET12$, welcher ein Leistungs- oder Effektivwertdetektor ist, vorgesehen wird.

In der Praxis ist es vorteilhaft, die Filtereinheiten FE1, FE2, FE12 gemäß Figur 8 oder Teilen der Figuren 3 und 5 durch digitale Signalverarbeitung mit einem Mikroprozessor zu realisieren. Dieser Mikroprozessor kann auch die Regler RG, RG1, 5 RG oder Teile davon realisieren.

Weitere Variationen des erfinderischen Prinzips sind dadurch möglich, daß andere zeitliche Verläufe der differentiellen Phasenmodulation DPM zwischen den beiden optischen Teilsignalen OS1, OS2 vorgesehen werden. Vorzugsweise werden solche 10 zeitliche Verläufe so ausgestaltet, daß ein eingangsseitiges Regelsignal L1, L2, L12 möglichst unabhängig von der Amplitude der differentiellen Phasenmodulation DPM oder einer sie erzeugenden optischen Frequenzmodulation FM eines Sendelasers 15 LA ist.

In der Praxis ergibt eine sinusförmige Strommodulation als Frequenzmodulationssignal FMS eines Sendelasers LA ohnehin eine nicht sinusförmige Frequenzmodulation FM und somit auch eine nicht sinusförmige differentielle Phasenmodulation DPM 20 zwischen den optischen Teilsignalen OS1, OS2. Daher ergibt sich in den detektierten Signalen ED1, ED2 auch kein reines Besselspektrum; insbesondere ist i.d.R. die Modulationsfrequenz OM stark vertreten. Um nicht wie oben beschrieben auf ihre höheren Harmonische $n \cdot OM$, beispielsweise bis $n = 4$ aus- 25 weichen zu müssen, können geeignete Momente zweiter Ordnung SOM_n der spektralen Teilsignale DETOMn und/oder ggf. gemischte Momente zweiter Ordnung SOM_{mn} mit ganzzahligen m, n zwischen diesen bestimmt werden.

In Figur 9 ist wiederum eine Filtereinheit FE1, FE2, FE12 30 dargestellt, der ein detektiertes Signal ED1, ED2, ED1-ED2 zugeleitet wird. Ein Filter LED mit nachfolgendem Detektor DET ist vorhanden, welche durch einen Mikroprozessor mit ein- gangsseitigem Analog-Digital-Wandler realisiert wird. In die- sem Detektor DET werden die Fourierkomponenten bei der Modu- 35 lationsfrequenz OM und ihrem Doppelten $2 \cdot OM$ als spektrale Teilsignale FIOOM1, FIOOM2 berechnet, was als Filterung in als Bandpaßfiltern ausgebildeten Filtern LEDOM1, LEDOM2 in-

nerhalb eines Filters LED aufgefaßt werden kann. Wegen der Bildung des gemischten Moments zweiter Ordnung SOM12 werden die beiden spektralen Teilsignale FIOOM1, FIOOM2 zuvor bezüglich ihrer Laufzeit bereinigt, die dadurch entsteht, daß die

5 Bildung der Fourierkoeffizienten nicht notwendigerweise zeitlich mit der Schwingung der Frequenzmodulation FM zusammenfällt. Besitzt beispielsweise eine Fourierkomponente FIOOM1 des spektralen Teilsignals bei der Modulationsfrequenz OM einen komplexen Phasenzeiger, so werden alle ermittelten Fourierkomponenten FIOOM1, FIOOM2, ... FIOOMn entsprechend dem

10 Verschiebungssatz der Fouriertransformation mit der 1., 2., ... nten Potenz des komplex Konjugierten dieses Phasenzeigers multipliziert. Anschließend wird eine gewichtete Summe der Momente zweiter Ordnung SOM1, SOM2, SOM12 dieser beiden

15 spektralen Teilsignale FIOOM1, FIOOM2 und des gemischten Moments zweiter Ordnung zwischen diesen beiden spektralen Teilsignalen FIOOM1, FIOOM2 gebildet, welche als eingangsseitiges Regelsignal L1, L2, L12 dient. Die dabei verwendeten Gewichte sind gleichzeitig die entsprechenden Leistungsübertragungsfaktoren LOM1, LOM2, LOM12 dieser Momente zweiter Ordnung

20 SOM1, SOM2, SOM12. Sie werden so gewählt, daß sich ein vom statischen Differenzphasenwinkel EPS unabhängiges eingangsseitiges Regelsignal L1, L2, L12 ergibt. Dies ist durch Inversion einer 3x3-Matrix möglich.

25 Wenn ein reines Besselspektrum vorliegt, wird beispielsweise der Leistungsübertragungsfaktor LOM12 des gemischten Moments zweiter Ordnung SOM12 gleich Null gewählt und wie oben erwähnt $LOM1 \cdot J_1(ETA)^2 = LOM2 \cdot J_2(ETA)^2$ eingestellt, was z.B. durch $|J_1(ETA)| = |J_2(ETA)|$ mittels $ETA = 2,63$ sowie

30 $LOM1 = LOM2$ wenigstens näherungsweise erreicht wird. In der Praxis ist wegen der auftretenden Verzerrung der optischen Frequenzmodulation FM dagegen meist ein von Null verschiedener Leistungsübertragungsfaktor LOM12 des gemischten Moments zweiter Ordnung SOM12 erforderlich, der auch negativ oder

35 komplex sein kann.

In Erweiterung dieses Ausführungsbeispiel können neben den erwähnten spektralen Teilsignalen FIOOM1, FIOOM2 weitere

spektrale Teilsignale F_{IOMn} , ihre Momente zweiter Ordnung $SOMn$ und alle möglichen gemischten Momente zweiter Ordnung SOM_{mn} mit ganzzahligen m, n , zwischen je einem spektralen Teilsignalen F_{IOMm} und einem anderen spektralen Teilsignal F_{IOMn} gebildet werden und mit Gewichten gewichtet zu einem eingangsseitigen Regelsignal $L1, L2, L12$ addiert werden, so daß sich ein vom statischen Differenzphasenwinkel EPS unabhängiges eingangsseitiges Regelsignal $L1, L2, L12$ ergibt. Optimale Gewichte, die auch die Signal-Rausch-Verhältnisse der einzelnen spektralen Teilsignale F_{IOMn} berücksichtigen, lassen sich hier z.B. durch lineare Programmierung nach dem Simplexverfahren ermitteln. In Frage kommt hier insbesondere das spektrale Teilsignal F_{IOM3} beim Dreifachen $3 \cdot OM$ der Modulationsfrequenz OM , aber auch das ein Gleichsignal darstellende, ggf. mit einem konstanten Offset versehene spektrale Teilsignal F_{IOM0} beim Nullfachen $0 \cdot OM$ der Modulationsfrequenz OM .

Um trotz ggf. vorhandener parasitärer Amplitudenmodulation ein unverfälschtes eingangsseitiges Regelsignal $L1, L2, L12$ zu erhalten, können diejenigen im wesentlichen konstanten Anteile der spektralen Teilsignale F_{IOM1} und ggf. $F_{IOM2}, F_{IOM3}, \dots$, welche auf diese Amplitudenmodulation zurückzuführen sind, vor Weiterverarbeitung dieser spektralen Teilsignale F_{IOM1} und ggf. $F_{IOM2}, F_{IOM3}, \dots$, subtrahiert werden.

Durch sendeseitiges nichtideales Multiplex im sendeseitigen Polarisationsstrahlteiler PBSS, oder durch polarisationsabhängige Dämpfung oder Verstärkung im Lichtwellenleiter LWL kann es zu reduzierter Orthogonalität der empfangenen optischen optischen Teilsignale $OS1, OS2$ kommen. Gemäß Figur 6 und Figur 7 ist es in solchen Fällen günstig, je ein weiteres steuerbares polarisierendes Element $SUB1, SUB2$ vorzusehen, wobei eine Leistungsteilung mit einem empfängerseitigen Leistungsteiler TE vorgesehen ist, der Teil der weiteren steuerbaren polarisierenden Elemente $SUB1, SUB2$ sein kann oder ih-

nen vorgelagert ist. In Figur 7 bestehen diese weiteren steuerbaren polarisierenden Elemente SUB1, SUB2 aus weiteren steuerbaren Polarisationstransformatoren PT1, PT2. Diese enthalten je einen weiteren eingangsseitigen, als zur PMD-

5 Kompensation geeignet ausgebildeten Polarisationstransformator PMDC1, PMDC2, genannt PMD-Kompensator, der von mindestens je einem zu seiner Steuerung ausgebildeten ausgangsseitigen Regelsignal STW1, STW2 gesteuert wird, und je einen ihm in Ausbreitungsrichtung der optischen Signale OS1, OS2 nachfol-

10 genden ausgangsseitigen Polarisationstransformator SPT1, SPT2, der von mindestens je einem zu seiner Steuerung ausgebildeten Regelsignal ST1, ST2 gesteuert wird. Statt dieser oder zusätzlich zu diesen weiteren eingangsseitigen, als zur PMD-Kompensation geeignet ausgebildeten Polarisations-

15 formatoren PMDC1, PMDC2 kann, dem empfängerseitigen Leistungsteiler TE vorgelagert, der erste eingangsseitige, als zur PMD-Kompensation geeignet ausgebildete Polarisationstransformator PMDC verwendet werden. Gefolgt werden diese weiteren steuerbaren Polarisationstransformatoren PT1, PT2

20 von jeweils einem nachgeschalteten weiteren, ersten bzw. zweiten festen polarisierenden Element EPBS1, EPBS2, welche als Polarisationsstrahlteiler oder Polarisator ausgeführt sein können. Die weiteren steuerbaren polarisierenden Elemente SUB1, SUB2 oder Teile davon können wiederum auf Substraten

25 integriert sein. Die eingangsseitigen Polarisationstransformatoren PMDC, PMDC1, PMDC2 seien zunächst nicht vorhanden und durch Durchverbindungen ersetzt, so daß der Eingang EI des Separators/Detektors SD direkt mit dem empfängerseitigen Leistungsteiler TE verbunden ist. Für den Fall linearer Pola-

30 risationen sind die durch das Ausführungsbeispiel der Figur 7 erfindungsgemäß erreichten Polarisationsanpassungen in Figur 6 skizziert. Die empfangenen optischen Teilsignale OS1, OS2 sind in diesem Beispiel nicht orthogonal zueinander polarisiert. Der erste Signalanteil OUT1, welcher durch das erste

35 feste polarisierende Element EPBS1 transmittiert wird, ist in diesem jedoch orthogonal zum zweiten optischen Teilsignal OS2, und der zweite Signalanteil OUT2, welcher durch das

zweite feste polarisierende Element EPBS2 transmittiert wird, ist in diesem orthogonal zum ersten optischen Teilsignal OS1. Damit sich die Einstellungen gemäß Figur 6 ergeben, ist vorzugsweise die Ausgestaltung der Signalverarbeitungsmodul DR aus Figur 3 zu benutzen.

Je nach Art und Weise der Herstellung der differentiellen Phasenmodulation DPM zwischen optischen Teilsignalen OS1 und OS2 können das Signalverarbeitungsmodul DR und insbesondere die Filter LED1, LED2, LED12 und die Detektoren DET1, DET2, DET12 noch weiter variiert werden. Verzichtet man bei vorhandenem Laufzeitdifferenzbetrag $|DT1-DT2|$ zwischen den optischen Laufzeiten DT1, DT2 auf die optische Frequenzmodulation FM und erzeugt die differentielle Phasenmodulation DPM durch natürliche Frequenzschwankungen des Sendelasers LA, so sollten Filter LED1, LED2, LED12 so ausgeprägt sein, daß wesentliche Teile des entstehenden, sich i.d.R. über mehrere MHz erstreckenden Interferenzspektrums durchgelassen werden. Verwendet man, wie in Figur 1 gezeigt, Winkelmodulatoren PHM01, PHM02 oder einen differentiellen Winkelmodulator PHM012 und bildet diese als Frequenzverschieber bzw. differentieller Frequenzverschieber aus, oder verwendet man, wie in Figur 2 gezeigt, verschiedenfrequente optische Sender TX1, TX2, so sind Filter LED1, LED2, LED12 auf die entstehende Differenzfrequenz FD zwischen den optischen Teilsignalen OS1 und OS2 abzustimmen. Als Frequenzverschieber oder differentieller Frequenzverschieber können z.B. akustooptische oder elektrooptische Bauelemente eingesetzt werden. Alternativ dazu können als Winkelmodulatoren PHM01, PHM02 oder differentiellen Winkelmodulator PHM012 Phasenmodulatoren bzw. ein differentieller Phasenmodulator eingesetzt werden, welche so angesteuert werden, daß sich eine als Funktion der Zeit wenigstens stückweise lineare differentielle Phasenmodulation DPM ergibt, wobei die zeitliche Ableitung der differentiellen Modulationsphase das 2π -fache der Frequenzdifferenz FD ist. Dies sind z.B. Phasenmodulatoren nach dem Serrodynprinzip mit sägezahnförmiger Phasenverschiebung.

Werden die Winkelmodulatoren PHMO1, PHMO2 bzw. der differenti-
tielle Winkelmodulator PHMO12 als Phasenmodulatoren bzw. dif-
ferentieller Phasenmodulator mit sinusförmiger differentieller
Phasenmodulation DPM ausgebildet, ergibt sich dagegen ein
5 Besselspektrum, wie im Fall sinusförmiger optischer Frequenz-
modulation FM, dessen Detektion bereits weiter oben betrach-
tet wurde.

Schließlich können durch Messung der Leistungen der detek-
10 tierten Signale ED1, ED2 oder durch Ablesen des trotz Einre-
gelung des Polarisationstransformators PT verbleibenden Rest-
anteils des aus der Differenz zwischen dem ersten detektier-
ten Signal ED1 und dem zweiten detektierten Signal ED2 gewon-
nenen weiteren Reglereingangssignals L12 Signale gewonnen
15 werden, welche zur Überprüfung und ggf. langsamen Nachrege-
lung oder gezielten Vorverzerrung der sendeseitigen Polaris-
ationsorthogonalität verwendet werden. Dies ermöglicht die Op-
timierung des Übertragungssystems derart, daß beispielsweise
polarisationsabhängige Dämpfung des Lichtwellenleiters nicht
20 nur nicht zu Nebensprechen führt, sondern auch zu keiner Be-
nachteiligung eines der optischen optischen Teilsignale OS1,
OS2 gegenüber dem anderen.

Auch können, z.B. durch Aufbringen weiterer oder Ausnutzen
natürlicher, im Spektrum des Sendelasers LA enthaltener opti-
25 scher Frequenzmodulation, z.B. mit einer von der Modulations-
frequenz OM verschiedenen Frequenz, oder durch Auswertung von
Reglersignalen, Informationen gewonnen werden, welche z.B.
die adaptive Regelung des Modulationshubes ETA oder von Leis-
tungsübertragungsfaktoren LOMn ermöglichen.

30 Besonders vorteilhaft ist es, in einer Anordnung gemäß Figur
9 die Erwartungswerte mehrerer oder aller auftretenden Momen-
te SOM1, SOM2, ..., SOMn, SOM12, ... SOMmn der spektralen
Teilsignale FIOOMn mit ganzzahligem n zu ermitteln. Daraus
läßt sich nämlich der Modulationshub ETA berechnen. Durch ei-
35 nen Rückkanal kann das Frequenzmodulationssignal FMS und da-
durch die optische Frequenzmodulation FM am Sendelaser LA so
eingestellt werden, daß sich optimales Signal-Rausch-

Verhältnis des gewonnenen Reglereingangssignals L1, L2, L12 ergibt. Als zusätzliche Frequenzmodulation, welche die Bildung dieser Erwartungswerte zuläßt, eignet sich z.B. langsame thermische Frequenzmodulation eines durch einen Halbleiter-
5 ausgebildeten Sendelasers LA.

Die bisherigen Ausführungsbeispiel der Erfindung beziehen sich allesamt vorzugsweise auf die Einstellung eines ausgangsseitigen Polarisationstransformators SPT, SPT1, SPT2,
10 welcher nicht oder nur in geringem Maße ggf. auftretende Polarisationsmodendispersion kompensieren kann. Die folgenden Ausführungsbeispiele der Erfindung beziehen sich dagegen vorzugsweise auf die Einstellung eines eingangsseitigen Polarisationstransformators PMDC, PMDC1, PMDC2, welcher zur PMD-
15 Kompensation geeignet ist. Minimaler optischer Aufwand ergibt sich, wenn die Regelsignale für den PMD-Kompensator PMDC in Figur 4 oder die PMD-Kompensatoren PMDC1 und PMDC2 in Figur 7 aus dem ersten und zweiten detektierten Signal ED1, ED2 abgeleitet werden. Dies erfolgt z.B. durch einfache elektri-
20 sche Spektralanalyse; eine Abschwächung hochfrequenter Signalanteile deutet auf unkompensierte PMD hin und ist durch geeignete Einstellung eines eingangsseitigen Polarisationstransformators PMDC, PMDC1, PMDC2 zu vermeiden.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann der Empfänger RX gemäß Figur 10 statt des Signalverarbeitungsmoduls DR
25 oder besser zusätzlich zu demselben ein weiteres Signalverarbeitungsmodul DRW aufweisen. Dieses enthält eingangsseitig die detektierten Signale ED1, ED2, welche je einem ersten Korrelationseingang EIME11, EIME21 eines korrelierenden Elements ME1, ME2 zugeleitet werden. An je einem zweiten Korrelationseingang EIME12, EIME22 der korrelierenden Elemente
30 ME1, ME2 wird das Datenausgangssignal DD2, DD1, das aus dem jeweils anderen detektierten Signal ED2, ED1 gewonnen wird, zugeleitet. An je einem Ausgang des korrelierenden Elements
35 ME1, ME2 entsteht ein weiteres, als Korrelationssignal ausgebildetes verarbeitbares Signal EDW1, EDW2. Diese weiteren verarbeitbaren Signale EDW1, EDW2 werden weiteren Filterein-

- heiten FEW1, FEW2, welche wie die vorgenannten Filtereinheiten FE1, FE2, FE12 aufgebaut sind, zugeleitet. Diese geben ausgangsseitig weitere eingangsseitige Regelsignale LW1, LW2 ab, welche weiteren, wie vorgenannte Regler RG1, RG2 aufgebauten Reglern RGW1, RGW2 zugeleitet werden. Diese weiteren Regler RGW1, RGW2 geben ausgangsseitig weitere Stellsignale STW1, STW2 zur Steuerung der eingangsseitigen Polarisations-
transformatoren PMDC1, PMDC2, PMDC ab.
- Das weitere Signalverarbeitungsmodul DRW des Empfängers RX in
Figur 10 kann durch eine in Figur 11 gezeigte weitere Variante der Erfindung ausgeführt werden. Dies ist vorzugsweise möglich in Fällen, in denen nur ein gemeinsamer eingangsseitiger Polarisationstransformator PMDC vorhanden ist. Analog zu Figur 5 wird aus den weiteren als Korrelationssignale aus-
gebildeten verarbeitbaren Signalen EDW1, EDW2 durch einen weiteren Subtrahierer SUBEDW ein zusätzliches als Korrelationssignal ausgebildetes verarbeitbares Signal EDW12 erzeugt. Dieses wird einer weiteren Filtereinheit FEW12, die wie Filtereinheiten FE1, FE2, FE12, FEW1, FEW2 aufgebaut sein kann,
zugeleitet. Ausgangsseitig gibt diese ein weiteres eingangsseitiges Regelsignal LW12 ab, das einem weiteren Regler RGW zugeführt wird, der wie die Regler RG1, RG2, RG, RG1, RG2 aufgebaut sein kann und die weiteren ausgangsseitigen Regelsignale STW1, STW2 abgibt. Die korrelierenden Elemente ME1,
ME2 und der an ihren Ausgängen angeschlossene weitere Subtrahierer SUBEDW können zu einer korrelierenden Subtraktionseinheit SEW zusammengefaßt werden, welche jedoch auch anders aufgebaut sein kann.
- Eine beispielhafte andere Ausführung der korrelierenden Subtraktionseinheit SEW ist in Figur 14 dargestellt. Die detektierten Signale ED1, ED2 werden in einem prinzipiell wie der erste Subtrahierer SUBED12 auszulegendem, jedoch wegen anschließender Korrelation ausreichend breitbandig auszulegendem weiteren Subtrahierer SUBEDW12 subtrahiert, so daß ein weiteres detektiertes Signal ED1-ED2 entsteht. Dieses wird einem ersten Eingang EIME1 eines weiteren korrelierenden Ele-

ments ME12, welches wie korrelierende Elemente ME1, ME2 ausgelegt sein kann, zugeleitet. Die Datenausgangssignale DD2, DD1 werden in einem zusätzlichen Subtrahierer SUBDD21 subtrahiert, so daß ein im Falle zweiwertiger Datenausgangssignale DD2, DD1 vorzugsweise dreiwertiges weiteres Datenausgangssignal DD2-DD1 entsteht. Dieses wird einem zweiten Eingang EIME2 des weiteren korrelierenden Elements ME12 zugeleitet. An seinem Ausgang gibt das weitere korrelierende Element ME12 das zusätzliche als Korrelationssignal ausgebildete verarbeitbare Signal EDW12 ab.

Der Aufbau eines korrelierenden Elements ME1, ME2, ME12 ist in **Figur 12** dargestellt. Das detektierte Signal ED1, ED2, ED1-ED2, welches die Interferenz INT1, INT2 enthält, wird über den ersten Korrelationseingang EIME11, EIME21, EIME1 einem ersten Schaltelementeingang EISE1 eines vorzugsweise als Multiplizierer ausgebildeten Schaltelements SEE zugeführt. Die der Polarisationsmodendispersion zuzurechnenden Anteile der Interferenzen INT1, INT2 entstehen vorzugsweise an den Übergängen benachbarter Informationsbits der sendeseitigen Modulationssignale SDD1, SDD2, und zwar mit Polaritäten, welche von der Richtung dieser Übergänge abhängen. Daher wird in einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfinderischen Prinzips das empfangene und regenerierte Datenausgangssignal DD2, DD1, welches aus dem jeweils anderen detektierten Signal ED2, ED1, gewonnen wird, über den zweiten Korrelationseingang EIME12, EIME22 zunächst einem spektralen Formungselement SF zugeleitet. Im Fall des weiteren korrelierenden Elements ME12 wird stattdessen das weitere Datenausgangssignal DD2-DD1 dem entsprechenden zweiten Korrelationseingang EIME2 zugeleitet. Das spektrale Formungselement SF besteht aus einem weiteren Subtrahierer SUBME, an dessen zwei Eingängen das jeweilige Datenausgangssignal DD2, DD1, DD2-DD1 direkt bzw. durch ein Verzögerungselement DEL verzögert angelegt werden. An seinem Ausgang, der auch ein Ausgang des spektralen Formungselements SF ist, gibt dieser weitere Subtrahierer SUBME ein spektral geformtes Signal DDSF2, DDSF1, DDSF ab, welches einem zweiten

Schaltelementeingang EISE2 des Schaltelements SEE zugeleitet wird. Das spektrale Formungselement SF bildet in diesem Ausführungsbeispiel als spektral geformtes Signal DDSF2, DDSF1, DDSF wenigstens näherungsweise eine zeitliche Ableitung des
5 jeweiligen Datenausgangssignals DD2, DD1, DD2-DD1 ist, also einer Hochpaßfilterung entspricht. Das Verzögerungselement DEL kann mit fester oder mit variabler Verzögerungszeit ausgelegt werden. Als Verzögerungszeit eignet sich eine kurze, beispielsweise eine Bitdauer oder weniger eines sendeseitigen
10 Modulationssignals SDD1, SDD2 betragende Zeit, falls Verzerrungen durch kurze differentielle Verzögerungszeiten detektiert werden sollen, oder längere, eine oder gar mehrere dieser Bitdauern erreichende oder überschreitende Verzögerungszeiten, falls Verzerrungen durch längere differentielle Verzögerungszeiten detektiert werden sollen. Da das jeweilige
15 Datenausgangssignal DD2, DD1, DD2-DD1, ein Digitalsignal ist, kann das Verzögerungselement DEL ebenfalls digital, insbesondere bei binärem Datenausgangssignal DD2, DD1 vorzugsweise binär arbeiten. Zwecks besserer Signalformung kann es z.B.
20 als D-Flip-Flop DFF, welches von einer Flanke eines zugeführten Taktsignals CL gesteuert wird, ausgeführt werden. Auch eine Kette mehrerer D-Flip-Flops ist denkbar zur Vergrößerung der Verzögerungszeit des Verzögerungselements DEL. Im Fall eines dreiwertigen Datenausgangssignals DD2-DD1 ist dagegen
25 eine analoge Ausführung des Verzögerungselements DEL, z.B. als Verzögerungsleitung, zu bevorzugen. Da das dem korrelierenden Element ME1, ME2, ME12 zugeführte Datenausgangssignal DD2, DD1, DD2-DD1 aus dem jeweiligen detektierten Signal ED2, ED1, ED1-ED2 nur verzögert gewonnen wird, in der Regel durch
30 die unvermeidliche Verzögerungszeit des oder der Digitalempfänger D2, D1, und da es im spektralen Formungselement SF weiter verzögert wird, im Beispiel der Figur 12 im Mittel um die Hälfte der Verzögerungszeit des Verzögerungselements DEL, ist normalerweise ein Laufzeitabgleich zwischen den an erstem
35 Schaltelementeingang EISE1 und zweitem Schaltelementeingang EISE2 des Schaltelements SEE eintreffenden Signalen erforderlich. Dies kann durch ein weiteres Verzögerungselement DDEL

erfolgen, welches das jeweilige detektierte Signals ED1, ED2, ED1-ED2, vorzugsweise vor der Zuleitung zum Schaltelement SEE, verzögert. Das Schaltelement SEE und somit das korrelierende Element ME1, ME2, ME12 gibt ausgangsseitig das als Korrelationssignal ausgebildete verarbeitbare Signal EDW1, EDW2, EDW12 ab.

Alternative Ausgestaltungen der Erfindung können jeweils mehrere korrelierende Elemente für die Detektion jeder der Polarisationsmodendispersion anzeigenden Anteile der Interferenzen INT1, INT2, und/oder als feste oder variable Hochpaß-, Bandpaß- oder Tiefpaßfilter ausgebildete spektrale Formungselemente SF aufweisen.

Eine vorteilhafte praktische Ausgestaltung des korrelierenden Elements ME1, ME2, welche sich insbesondere für vorliegende binäre Datenausgangssignale DD2, DD1 eignet, zeigt Figur 13. Die Spannungsversorgung erfolgt durch eine Versorgungsspannung U+. Das jeweilige detektierte Signal ED1, ED2 liegt in differentieller Form vor. Nach Durchlaufen des weiteren Verzögerungselements DDEL, welches beispielsweise aus zwei gleich langen Verzögerungsleitungen DDEL1, DDEL2 besteht, erreicht es zwei Differenzverstärker DF1, DF2, welche eingangsseitig und ausgangsseitig mit entgegengesetzten Polaritäten parallelgeschaltet sind. Diese Differenzverstärker DF1, DF2 verstärken das jeweilige differentielle Eingangssignal, sofern sie von jeweils einem von zwei Strömen I1, I2, welche aus vorzugsweise gleich ausgebildeten Konstantstromquellen erzeugt werden, durchflossen werden. Ein erster Schalttransistor TT1 leitet jedoch den ersten Strom I1 ab, wenn seiner Basis ein - hier für diese Funktionsweise positiven Pegel erforderndes - Datenausgangssignal DD2, DD1, das aus dem jeweils anderen detektierten Signal ED2, ED1 gewonnen wird, zugeleitet wird. Ein zweiter Schalttransistor TT2 leitet den zweiten Strom I2 ab, wenn seiner Basis dieses zuvor im Verzögerungselement DEL verzögerte Datenausgangssignal DD2, DD1, das aus dem jeweils anderen der ersten und zweiten detektierten Signale ED1, ED2 detektierten Signal ED2, ED1 gewonnen

- wird, zugeleitet wird. Als differentielle Ausgangsspannung der parallelgeschalteten Differenzverstärker DF1, DF2 entsteht als Differenzspannung zwischen vorzugsweise gleich ausgebildeten Widerständen R1, R2 das weitere, als Korrelations-
- 5 signal ausgebildete verarbeitbare Signal EDW1, EDW2. Ein zwischen den parallelgeschalteten Ausgängen der Differenzverstärker DF1, DF2 angebrachter Kondensator C dient bereits als Tiefpaßfilter, welches zumindest teilweise das Filter LED1, LED2 darstellt. In Figur 13 sind der weitere Subtrahierer
- 10 SUBME, das Schaltelement SEE und das durch den Kondensator C zumindest teilweise gebildete Filter LED1, LED2 nicht voneinander zu trennen, was in vorteilhafter Weise zu reduzierter Komplexität und höherer verarbeitbarer Datenrate führt.
- 15 Variationen des erfinderischen Prinzips sind dadurch möglich, daß das spektrale Formungselement SF entfällt, daß das Schaltelement SEE anders als als Multiplizierer ausgebildet wird, daß es an seinem zweiten Eingang ein Signal DDSF2, DDSF1, welches nicht oder nicht nur aus demjenigen Datenaus-
- 20 gangssignal DD2, DD1, welches aus dem jeweils anderen detektierten Signal ED2, ED1 gewonnen wird, gewonnen wird, sondern beispielsweise auch aus demjenigen Datenausgangssignal DD1, DD2, das aus dem dem ersten Eingang des Schaltelements zugeführten detektierten Signal ED1, ED2 gewonnen wird, und/oder
- 25 mindestens einem detektierten Signal ED1, ED2. Ein solches Beispiel wurde bereits durch die in Figur 14 dargestellte Ausführung der korrelierenden Subtraktionseinheit SEW gegeben.
- 30 Die Ausführungsbeispiele der Erfindung gemäß Figuren 10 bis 14 beruhen, soweit bisher beschrieben, darauf, daß die den Digitalempfängern D1, D2 entnommenen Datenausgangssignale DD1, DD2 den sendeseitigen Modulationssignalen SDD1, SDD2 entsprechen. Insbesondere bei fehlerhaft eingestellten ein-
- 35 gangsseitigen Polarisationstransformatoren PMDC, PMDC1, PMDC2 ist es jedoch möglich, daß dies nicht zutrifft, beispielsweise, weil die detektierten Signale ED1, ED2 nicht einmal nähe-

rungsweise den sendeseitigen Modulationssignalen SDD1, SDD2 entsprechen, oder weil beide detektierten Signale ED1, ED2 jeweils demselben sendeseitigen Modulationssignal SDD1, SDD2 entsprechen. Um solche Fälle auszuschließen, kann der weitere
5 Regler RGW1, RGW2, RGW bei Vorliegen solcher Fälle die weiteren ausgangsseitigen Regelsignale STW1, STW2 so variieren, daß der oder die eingangsseitigen Polarisationstransformatoren PMDC1, PMDC2, PMDC in verschiedene Zustände gebracht werden. Dies kann es auch erfordern, daß gleichzeitig die von
10 den Reglern RG1, RG2, RG abgegebenen ausgangsseitigen Regelsignale ST1, ST2 variiert werden. Dies wird so lange in systematischer oder zufälliger Weise durchgeführt, bis mindestens eines, vorzugsweise aber beide aus den Digitalempfängern D1, D2 gewonnenen Datenausgangssignale DD1, DD2 wenigstens
15 näherungsweise den jeweiligen sendeseitigen Modulationssignalen SDD1, SDD2 entsprechen.

Alternativ oder zusätzlich zu diesem können weitere Methoden zur Ermittlung von durch Polarisationsmodendispersion verursachten Verzerrungen, genannt PMD-Verzerrungen, eingesetzt
20 werden. In Figur 10 sind zu diesem Zweck Verzerrungsanalysatoren DANA1, DANA2 vorgesehen, denen die detektierten Signale ED1, ED2 zugeführt werden. Die Verzerrungsanalysatoren DANA1, DANA2 ermitteln z.B. durch ein oder mehrere Hochpaß- oder Bandpaßfilter Spektralanteile der detektierten Signale, die
25 auch aufsummiert werden können, und als jeweils mindestens ein Verzerrungssignal SDANA1, SDANA2 dem weiteren Regler RGW1, RGW2, RGW zugeleitet werden. Abfallen insbesondere der hochfrequenten Spektralanteile der detektierten Signale ED1, ED2 zeigt eine Fehleinstellung des oder der eingangsseitigen
30 Polarisationstransformatoren PMDC, PMDC1, PMDC2 an, so daß diese vom weiteren Regler RGW1, RGW2, RGW so eingestellt werden können, daß PMD-Verzerrungen vermieden werden. Diese Art der hier nur hilfsweise eingesetzten Verfahrens zur Kompensation von Polarisationsmodendispersion ist zwar prinzipiell
35 schon bekannt, beispielsweise aus der europäischen Patentanmeldung EP 0 909 045 A2 und aus IEEE J. Lightwave Technology, 17(1999)9, S. 1602-1616; neu ist jedoch ihre Anwendung auf

- Polarisationsmultiplexsignale. Sobald mindestens eines, vorzugsweise aber beide aus den Digitalempfängern D1, D2 gewonnenen Datenausgangssignale DD1, DD2 wenigstens näherungsweise den jeweiligen sendeseitigen Modulationssignalen SDD1, SDD2 entsprechen, schaltet der Regler RGW1, RGW2, RGW um, so daß erfindungsgemäß das ihm ebenfalls zugeführte, aus Detektion einer Interferenz INT1, INT2 hervorgegangene eingangsseitige Regelsignal LW1, LW2, LW zur Gewinnung des oder der ausgangsseitigen Regelsignale STW1, STW2 eingesetzt wird.
- Bei Veränderung eines weiteren ausgangsseitigen Steuersignals STW1, STW2 verändert sich die Polarisationstransformation eines eingangsseitigen Polarisationsstransformators PMDC, PMDC1, PMDC2. Dies erfordert i.a. auch ein Nachregeln eines der ausgangsseitigen Polarisationsstransformatoren SPT, SPT1, SPT2.
- Um dieses Nachregeln möglichst schnell zu gestalten, bilden im weiteren Signalverarbeitungsmodul DRW die weiteren Regler RGW1, RGW2 in Figur 10 und der weitere Regler RGW in Figur 11 jeweils ein Informationsübertragungssignal ITS1, ITS2, ITS aus. Dieses wird im Signalverarbeitungsmodul DRW jeweils den Reglern RG1, RG2 in Figur 3 und dem Regler RG in Figur 5 zugeleitet, welche aufgrund dieser Informationsübertragungssignale ITS1, ITS2, ITS die von ihnen abgegebenen ausgangsseitigen Regelsignale STW1, STW2 zum Nachregeln der ausgangsseitigen Polarisationsstransformatoren SPT, SPT1, SPT2 verändern.
- Erfinderischer Gedanke ist es stets, auftretende Interferenz INT1, INT2 der beiden optischen Teilsignale OS1, OS2 zu detektieren. Deshalb ist die Erfindung für alle Einsatzfälle geeignet, in welchen solche Interferenz INT1, INT2 vorliegt.
- Dazu gehört das Non-Return-to-Zero-Signalformat, abgekürzt NRZ. Auch das Return-to-Zero-Signalformat, abgekürzt RZ, kommt in Frage, sofern sich die RZ-Impulse der beiden Polarisationsmultiplex-Kanäle überlappen. Falls diese abwechselnd erfolgen, so daß zwischen zwei benachbarten RZ-Impulsen eines Kanals je ein RZ-Impuls des anderen Kanals liegt, gibt es jedoch keine Interferenz, falls die Impulsdauer jeweils kürzer als eine halbe Symboldauer beträgt. Dennoch kann die Erfin-

dung selbst in diesen Fällen nutzbringend eingesetzt werden, und zwar zur Steuerung eines PMD-Kompensators, der diesen günstigen interferenzfreien Zustand herstellt.

Bezugszeichenliste

	LA	Sendelaser
	FM	Optische Frequenzmodulation
5	FMS	Frequenzmodulationssignal
	PMC	Sendeseitiger Leistungsteiler
	MO1, MO2	Modulatoren
	SDD1, SDD2	sendeseitige Modulationssignale
	DD1, DD2, DD2-DD1	Datenausgangssignale
10	OS1, OS2	Optische Teilsignale
	PDM1, PDM2, PDM12, PDM21, PDM0, PDML	Phasendifferenzmodulierende Mittel
	PHMO1, PHMO2	Winkelmodulator
	PBSS	Sendeseitiger Polarisationsstrahlteiler
15	PHMO12	Differentieller Winkelmodulator
	DPM	Differentielle Phasenmodulation
	FD	Frequenzdifferenz
	DT1, DT2	Laufzeiten
	DT1-DT2	Laufzeitdifferenzbetrag
20	TX1, TX2	Optische Sender
	LWL	Lichtwellenleiter
	RX	Empfänger
	EI	Eingang
	SD	Separator/Detektor
25	L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12, ST1, ST2, STW1, STW2	Regelsignale
	L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12	Eingangsseitige Regelsignale
	ST1, ST2, STW1, STW2	Ausgangsseitige Regelsignale
	RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW	Regler
30	ED1, ED2, ED1-ED2	Detektierte Signale
	EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12	Verarbeitbare Signale
	D1, D2	Digitalempfänger
	DR, DRW	Signalverarbeitungsmodul
	LED1, LED2, LED12, LEDOMn (n = 0, 1, 2, ...)	Filter
35	FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn	spektrale Teilsignale

	SUBED12, SUBME, SUBEDW, SUBEDW12, SUBDD21	
	Subtrahierer	
	DET1, DET2, DET12, DETOMn, DETOMmn (m, n = 0, 1, 2, ...)	
	Detektor	
5	LPF1, LPF2, LPF12	Tiefpaßfilter
	PD11, PD21	Photodetektoren
	EPBS, EPBS1, EPBS2	Feste polarisierende Elemente
	PT, PT1, PT2	Steuerbare Polarisationsstransformatoren
	PMDC, PMDC1, PMDC2	Eingangsseitige Polarisationsstransforma-
10	toren, PMD-Kompensatoren	
	SPT, SPT1, SPT2	Ausgangsseitige Polarisationsstransforma-
	toren	
	SUB, SUB1, SUB2	Steuerbare polarisierende Elemente
	OUT1, OUT2	Signalanteile
15	TE	Empfängerseitiger Leistungsteiler
	x, y	Koordinaten für horizontale/vertikale Po-
		larisation
	FE1, FE2, FE12, FEW1, FEW2, FEW12	Filterereinheit
	OM	Modulationsfrequenz
20	n*OM (n = 0, 1, 2, ...) Vielfache der Modulationsfrequenz	
	LOMn	Leistungsübertragungsfaktoren
	Gn	Gewichte
	SOMn, SOMmn	Momente zweiter Ordnung
	F	Funktion
25	ADD	Addierer
	SE	Subtrahiereinheit
	PEVEN	erste Leistung
	PODD	zweite Leistung
	PEVEN+PODD	Summe von PEVEN und PODD
30	ME1, ME2, ME12	korrelierende Elemente
	EIME11, EIME21, EIME1, EIME12, EIME22, EIME2	
		Korrelationseingänge
	SEW	korrelierende Subtraktionseinheit
	SEE	Schaltelement
35	EISE1, EISE2	Schaltelementeingänge
	DEL, DDEL	Verzögerungsglieder
	CL	Taktsignal

	DFF	D-Flip-Flop
	DF1, DF2	Differenzverstärker
	TT1, TT2	Schalttransistoren
	I1, I2	Ströme
5	R1, R2	Widerstände
	C	Kondensator
	U+	Versorgungsspannung
	DANA1, DANA2	Verzerrungsanalysatoren
	SDANA1, SDANA2	Verzerrungssignale

Patentansprüche

1. Anordnung für eine optische Informationsübertragung mit
verschieden polarisierten optischen Teilsignale (OS1, OS2),
5 mit einem steuerbaren polarisierenden Element (SUB), das aus-
gangsseitig mindestens eines dieser optischen Teilsignale
(OS1, OS2) abgibt,
dadurch gekennzeichnet,
daß mindestens ein Signalverarbeitungsmodul (DR, DRW) vorge-
10 sehen ist, welches eine auftretende Interferenz (INT1, INT2)
zwischen diesen optischen Teilsignalen (OS1, OS2) detektiert,
daraus mindestens ein Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2,
LW12, ST1, ST2, STW1, STW2) bildet, das zur Steuerung dieses
steuerbaren polarisierenden Elementes (SUB, SUB1, SUB2) ver-
15 wendet wird.

2. Anordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Signalverarbeitungsmodul (DR, DRW) mindestens einen
20 Regler (RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW) aufweist, der an sei-
nem Eingang mindestens ein Regelsignal (L1, L2, L12, LW1,
LW2, LW12), welches ein eingangsseitiges Regelsignal (L1, L2,
L12, LW1, LW2, LW12) ist, aufweist, und an seinem Ausgang
mindestens ein Regelsignal (ST1, ST2, STW1, STW2), welches
25 ein ausgangsseitiges Regelsignal (ST1, ST2, STW1, STW2) ist,
abgibt und dem steuerbaren polarisierenden Element (SUB,
SUB1, SUB2) zuleitet.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,
30 dadurch gekennzeichnet,
daß das steuerbare polarisierende Element (SUB, SUB1, SUB2)
einen von einem festen polarisierenden Element (EPBS, EPBS1,
EPBS2) gefolgten steuerbaren Polarisationstransformator (PT,
PT1, PT2) aufweist.

35

4. Anordnung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,

daß der steuerbare Polarisationstransformator (PT, PT1, PT2) einen eingangsseitigen, als zur PMD-Kompensation geeignet ausgebildeten Polarisationstransformator (PMDC, PMDC1, PMDC2) aufweist, der von einem ausgangsseitigen Polarisationstransformator (SPT, SPT1, SPT2) gefolgt wird.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein phasendifferenzmodulierendes Mittel (PDM1, PDM2, PDM12, PDM21, PDM0, PDML) vorgesehen ist, das eine differentielle Phasenmodulation (DPM) zwischen optischen Teilsignalen (OS1, OS2) erzeugt.

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das phasendifferenzmodulierende Mittel (PDM1, PDM2, PDM12, PDM21, PDM0, PDML) die differentielle Phasenmodulation (DPM) so ausprägt, daß das eingangsseitige Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) wenigstens näherungsweise unabhängig von einem statischen Differenzphasenwinkel (EPS) zwischen diesen optischen Teilsignalen (OS1, OS2) ausbildbar ist.

7. Anordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das phasendifferenzmodulierende Mittel (PDM0) eine Frequenzmodulation (FM) eines Sendelasers (LA) erzeugt, welche aufgrund eines Laufzeitdifferenzbetrags ($|DT1-DT2|$) zwischen Aufteilung des optischen Signals des Sendelasers (LA) in einem sendeseitigen Leistungsteiler (PMC) und Zusammenführung mit orthogonalen Polarisationen der dadurch gebildeten optischen Teilsignale (OS1, OS2) die differentielle Phasenmodulation (DPM) zwischen diesen optischen Teilsignalen (OS1, OS2) erzeugt.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet,

- daß dem steuerbaren polarisierenden Element (SUB, SUB1, SUB2) mindestens ein Photodetektor (PD11, PD21) nachgeordnet ist, welchem eingangsseitig ein Signalanteil (OUT1, OUT2), welcher von dem steuerbaren polarisierenden Element (SUB, SUB1, SUB2) ausgangsseitig abgegeben wird, zugeführt wird und welcher mindestens ein detektiertes Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) erzeugt, in welchem sich diese Interferenz (INT1, INT2) manifestiert.
- 10 9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Signalverarbeitungsmodul (DR, DRW) ein Filter (LED1, LED2, LED12, LED, LEDOMn mit ganzzahligem n) vorgesehen ist, welches mindestens ein spektrales Teilsignal (FIO1, 15 FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligen n) mindestens eines verarbeitbaren Signals (EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12) durchläßt, das aus dem detektierten Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) erzeugt wird.
- 20 10. Anordnung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß in diesem Signalverarbeitungsmodul (DR, DRW) ein Detektor (DET1, DET2, DET12, DET, DETOMn, DETOMmn mit ganzzahligen m, n) vorgesehen ist, der wenigstens teilweise das eingangsseitige Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) zur Verfügung 25 stellt, welches wenigstens näherungsweise eine Funktion (F), welche vorzugsweise eine lineare Funktion oder eine Wurzelfunktion ist, mindestens eines Moments zweiter Ordnung (SOM2, SOM4, SOM3, SOM1, SOM12, SOMn, SOMmn mit ganzzahligen m, n) wenigstens eines spektralen Teilsignals (FIO1, FIO2, FIO12, 30 FIOOMn, mit ganzzahligem n) ist.
11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, 35 daß der Detektor (DET, DETOM12, DETOMmn mit ganzzahligen m, n) ein als gemischt ausgebildetes Moment zweiter Ordnung (SOM12, SOMmn mit ganzzahligen m, n) zweier unterschiedlicher

spektraler Teilsignale (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligem n) erzeugt.

12. Anordnung nach Anspruch 10 oder 11,
5 dadurch gekennzeichnet,
daß der Detektor (DET1, DET2, DET12, DET, DETOMn) ein Moment zweiter Ordnung (SOM2, SOM4, SOM3, SOM1, SOM12, SOMn, SOMmn mit ganzzahligen m, n) eines spektralen Anteils (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligem n) erzeugt, welches ein Maß
10 für die Leistung des spektralen Anteils (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligem n) ist.

13. Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
15 daß das Filter (LED1, LED2, LED12, LED, LEDOMn mit ganzzahligem n) einen Fourierkoeffizienten des verarbeitbaren Signals (EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12) als spektrales Teilsignal (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligen n) passieren läßt, wobei vor der Bildung als gemischt ausgebildeter
20 zweiter Momente (SOM12, SOMmn mit ganzzahligen m, n) eine Laufzeitkompensation durchführbar ist.

14. Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
25 daß das Signalverarbeitungsmodul (DR) ein als detektiertes Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) ausgebildetes verarbeitbares Signal (EDV1, EDV2, EDV12) verarbeitet und ein ausgangsseitiges Regelsignal (ST1, ST2) abgibt, das den ausgangsseitigen Polarisationstransformator (SPT, SPT1, SPT2) ansteuert.

30

15. Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Signalverarbeitungsmodul (DRW) ein korrelierendes Element (ME1, ME2, ME12) aufweist, welches das detektierte
35 Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) mit mindestens einem spektralen Anteil mindestens eines Datenausgangssignals (DD1, DD2) kor-

reliert und ein als Korrelationssignal ausgebildetes verarbeitbares Signal (EDW1, EDW2, EDW12) abgibt, daß das Signalverarbeitungsmodul (DRW) dieses als Korrelationssignal ausgebildete verarbeitbare Signal (EDW1, EDW2, 5 EDW12) verarbeitet und ein ausgangsseitiges Regelsignal (STW1, STW2) abgibt, das den eingangsseitigen Polarisationstransformator (PMDC, PMDC1, PMDC2) ansteuert.

16. Verfahren für eine optische Informationsübertragung mit 10 verschiedenen polarisierten optischen Teilsignalen (OS1, OS2), mit einem steuerbaren polarisierenden Element (SUB), das ausgangsseitig mindestens eines dieser optischen Teilsignale (OS1, OS2) aufweist, dadurch gekennzeichnet, 15 daß eine auftretende Interferenz (INT1, INT2) zwischen diesen optischen Teilsignalen (OS1, OS2) detektiert wird, daß daraus mindestens ein Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12, ST1, ST2, STW1, STW2) durch mindestens ein Signalverarbeitungsmodul (DR, DRW) gebildet wird, das zur Steuerung dieses steuerbaren polarisierenden Elementes (SUB, SUB1, SUB2) verwendet 20 wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, 25 daß mindestens ein Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12), welches ein eingangsseitiges Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) eines Reglers (RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW) ist, einem Eingang des Regler (RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW) zugeleitet wird, daß mindestens ein Regelsignal (ST1, ST2, 30 STW1, STW2) von dem Regler (RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW) abgegeben wird, welches ein ausgangsseitiges Regelsignal (ST1, ST2, STW1, STW2) ist, und dem steuerbaren polarisierenden Element (SUB, SUB1, SUB2) zuleitet wird.

35 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet,

daß als steuerbares polarisierendes Element (SUB, SUB1, SUB2) ein festes polarisierendes Element (EPBS, EPBS1, EPBS2) mit einem diesem gefolgtten steuerbaren Polarisationstransformator (PT, PT1, PT2) verwendet wird.

5

19. Verfahren nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet,
daß als steuerbarer Polarisationstransformator (PT, PT1, PT2) ein zur ein PMD-Kompensation geeigneter ausgebildeter Polarisationstransformator mit einem nachgeschalteten ausgangsseitigen Polarisationstransformator (SPT, SPT1, SPT2) verwendet wird.

- 15 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine differentielle Phasenmodulation (DPM) zwischen den optischen Teilsignalen (OS1, OS2) erzeugt wird.

- 20 21. Verfahren nach Anspruch 20,
dadurch gekennzeichnet,
daß die differentielle Phasenmodulation (DPM) zu Beginn der Informationsübertragung erzeugt wird.

- 25 22. Verfahren nach Anspruch 21,
dadurch gekennzeichnet,
daß die differentielle Phasenmodulation (DPM) so ausprägt wird, daß das eingangsseitige Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) wenigstens näherungsweise unabhängig von einem statischen Differenzphasenwinkel (EPS) zwischen diesen optischen Teilsignalen (OS1, OS2) ausgebildet wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 22,
dadurch gekennzeichnet,
35 daß eine Frequenzmodulation (FM) eines Sendelasers (LA) erzeugt wird, welche aufgrund eines Laufzeitdifferenzbetrags ($|DT1-DT2|$) zwischen Aufteilung des optischen Signals des

Sendelasers (LA) in einem sendeseitigen Leistungsteiler (PMC) und Zusammenführung mit orthogonalen Polarisationen der dadurch gebildeten optischen Teilsignale (OS1, OS2) die differentielle Phasenmodulation (DPM) zwischen diesen optischen
5 Teilsignale (OS1, OS2) erzeugt.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß dem steuerbaren polarisierenden Element (SUB, SUB1, SUB2), welches mindestens einen Signalanteil (OUT1, OUT2) abgibt, mindestens ein Photodetektor (PD11, PD21) je Signalanteil (OUT1, OUT2) nachgeordnet wird, wobei dieser Photodetektor (PD11, PD21) ein detektiertes Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) erzeugt, in welchem sich die Interferenz (INT1, INT2) manifestiert zuleitbar ist.
15

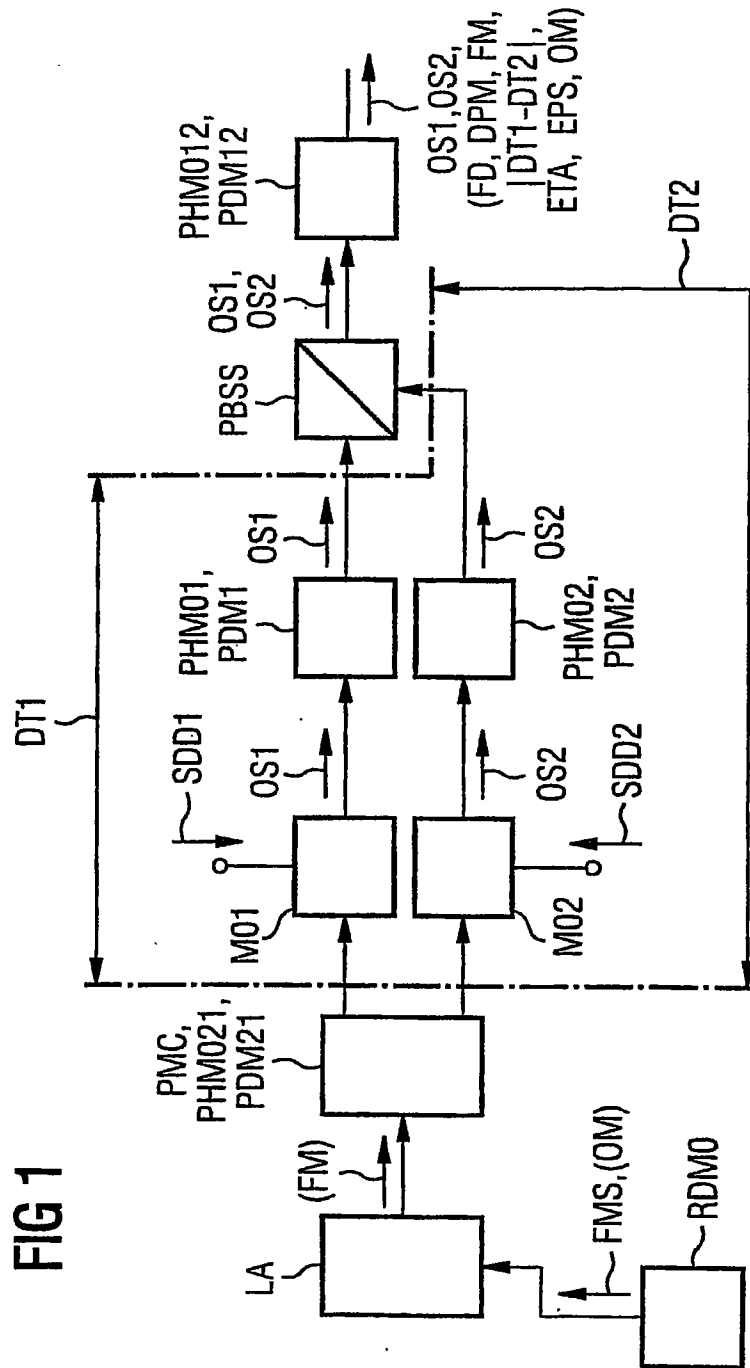
25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein spektrales Teilsignal (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOm mit ganzzahligen n) mindestens eines verarbeitbaren Signals (EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12), das aus dem detektierten Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) erzeugt wird, von einem Filter (LED1, LED2, LED12, LED, LEDOm mit ganzzahligem n) durchgelassen wird.
20

26. Verfahren nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß das eingangsseitige Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) wenigstens teilweise einem Detektor (DET1, DET2, DET12, DET, DETOm, DETOm mit ganzzahligen m, n) zugeführt wird, welcher das eingangsseitige Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) so ausbildet, daß es wenigstens näherungsweise eine Funktion (F), welche vorzugsweise eine lineare Funktion oder eine Wurzelfunktion ist, mindestens eines Moments zweiter Ordnung (SOM2, SOM4, SOM3, SOM1, SOM12, SOMn, SOMm mit ganzzahligen m, n) wenigstens eines spektralen Teilsignals (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOm, mit ganzzahligem n) ist.
25
30
35

27. Verfahren nach Anspruch 26,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein als gemischt ausgebildetes Moment zweiter Ordnung
5 (SOM12, SOMmn mit ganzzahligen m, n) aus zwei unterschiedli-
chen spektralen Teilsignalen (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn mit
ganzzahligem n) durch den Detektor (DET, DETOM12, DETOMmn mit
ganzzahligen m, n) erzeugt wird.
- 10 28. Verfahren nach Anspruch 26 oder 27,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Moment zweiter Ordnung (SOM2, SOM4, SOM3, SOM1, SOM12, SOMn, SOMmn mit ganzzahligen m, n) eines spektralen
Anteils (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligem n) durch
15 den Detektor (DET1, DET2, DET12, DET, DETOMn) erzeugt wird
und ein Maß für eine Leistung des spektralen Anteils (FIO1,
FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligem n) wird.
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 28,
20 dadurch gekennzeichnet,
daß ein Fourierkoeffizient dieses verarbeitbaren Signals
(EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12) als spektrales Teil-
signal (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligen n) dieses
detektierten Signals (ED1, ED2, ED1-ED2) gebildet wird, wobei
25 vor der Bildung als gemischt ausgebildeter zweiter Momente
(SOM12, SOMmn mit ganzzahligen m, n) eine Laufzeitkompensati-
on durchgeführt wird.
- 30 30. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 29,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein als detektiertes Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) ausgebil-
detes verarbeitbares Signal (EDV1, EDV2, EDV12) im Signalver-
arbeitungsmodul (DR) verarbeitet wird, welches ein ausgangs-
35 seitiges Regelsignal (ST1, ST2) abgibt, das den ausgangssei-
tigen Polarisationsstransformator (SPT, SPT1, SPT2) ansteuert

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 29,
dadurch gekennzeichnet,
daß das detektierte Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) durch ein im
das Signalverarbeitungsmodul (DRW) vorhandenes korrelierendes
5 Element (ME1, ME2, ME12) mit mindestens einem spektralen An-
teil mindestens eines Datenausgangssignals (DD1, DD2) korre-
liert wird,
daß ein beim Korrelieren erzeugtes, als Korrelationssignal
ausgebildetes verarbeitbares Signal (EDW1, EDW2, EDW12) von
10 dem Signalverarbeitungsmodul (DRW) verarbeitet wird,
daß ein beim Verarbeiten erzeugtes ausgangsseitiges Regelsig-
nal (STW1, STW2) den eingangsseitigen Polarisationstransfor-
mator (PMDC, PMDC1, PMDC2) ansteuert .

1/11



2/11

FIG 2

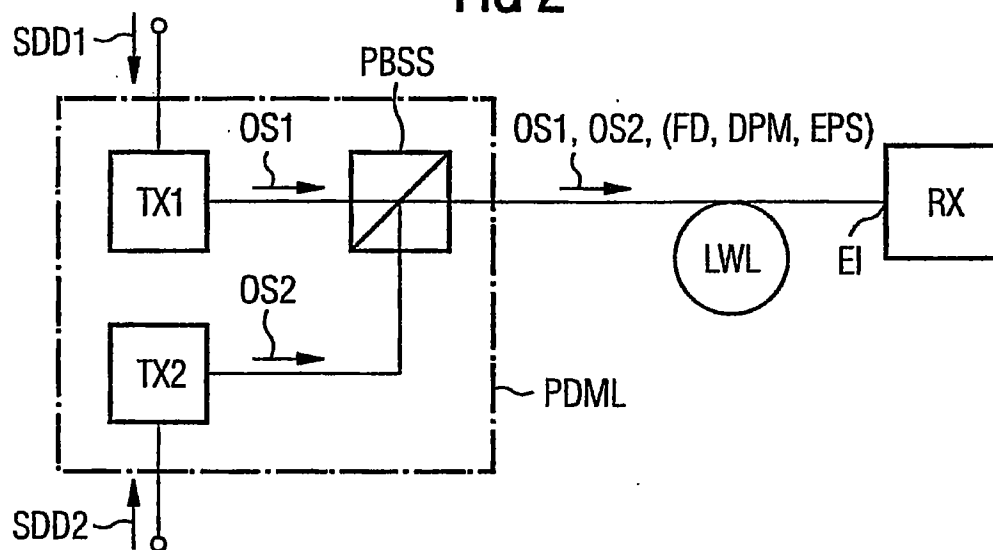
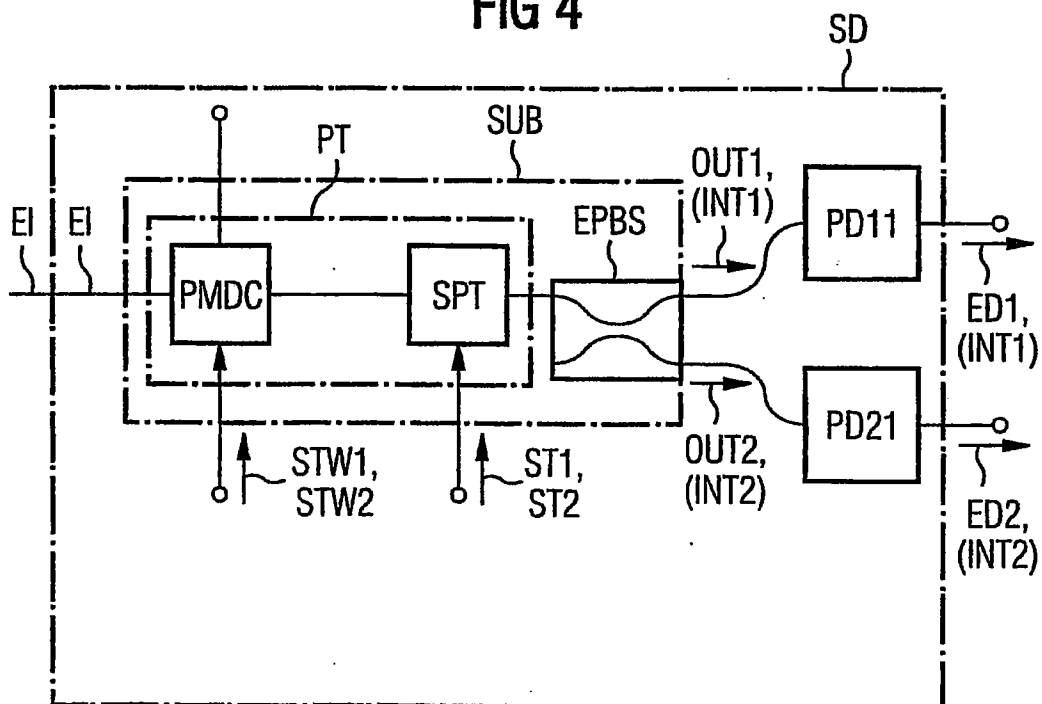


FIG 4



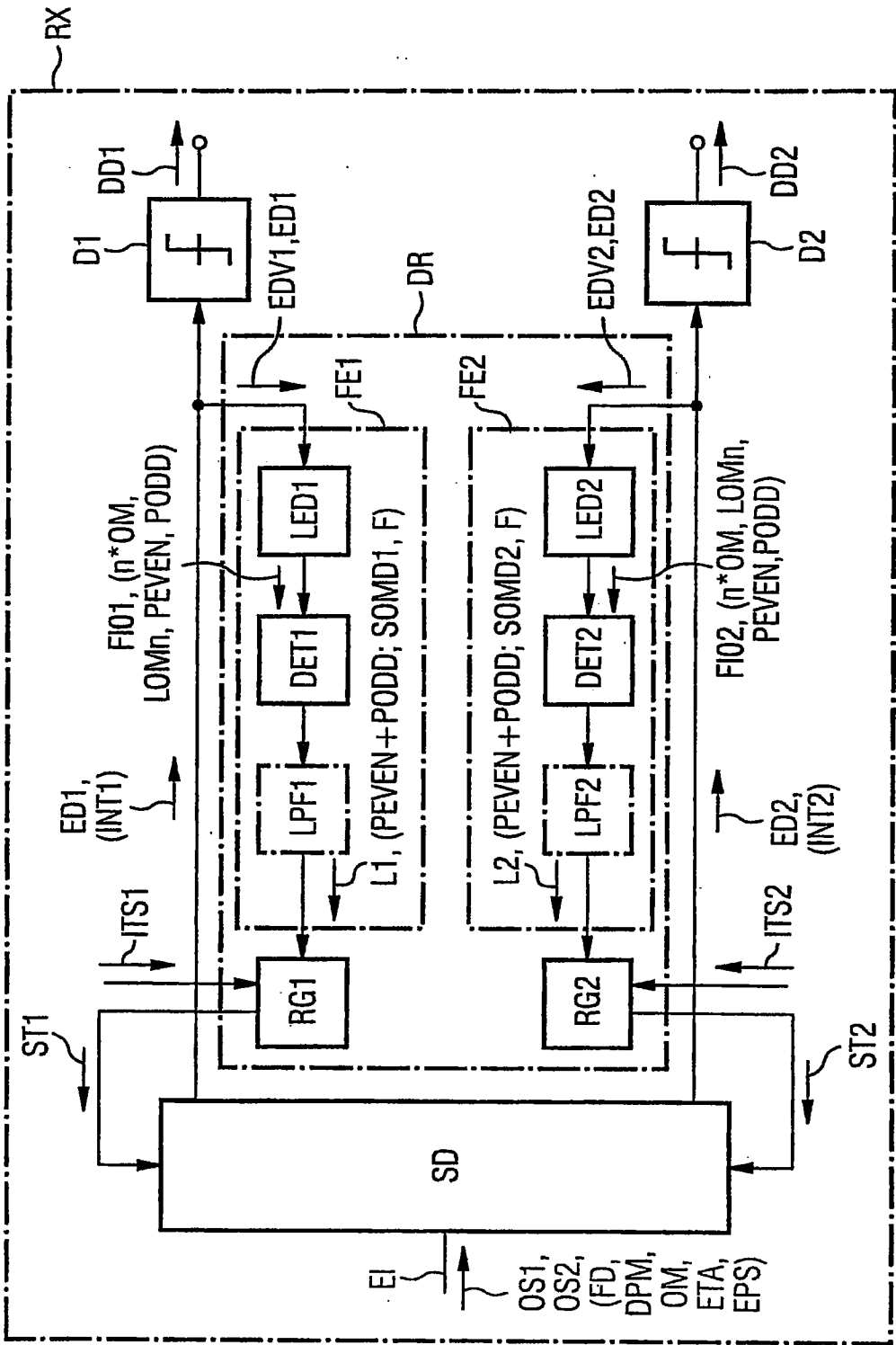
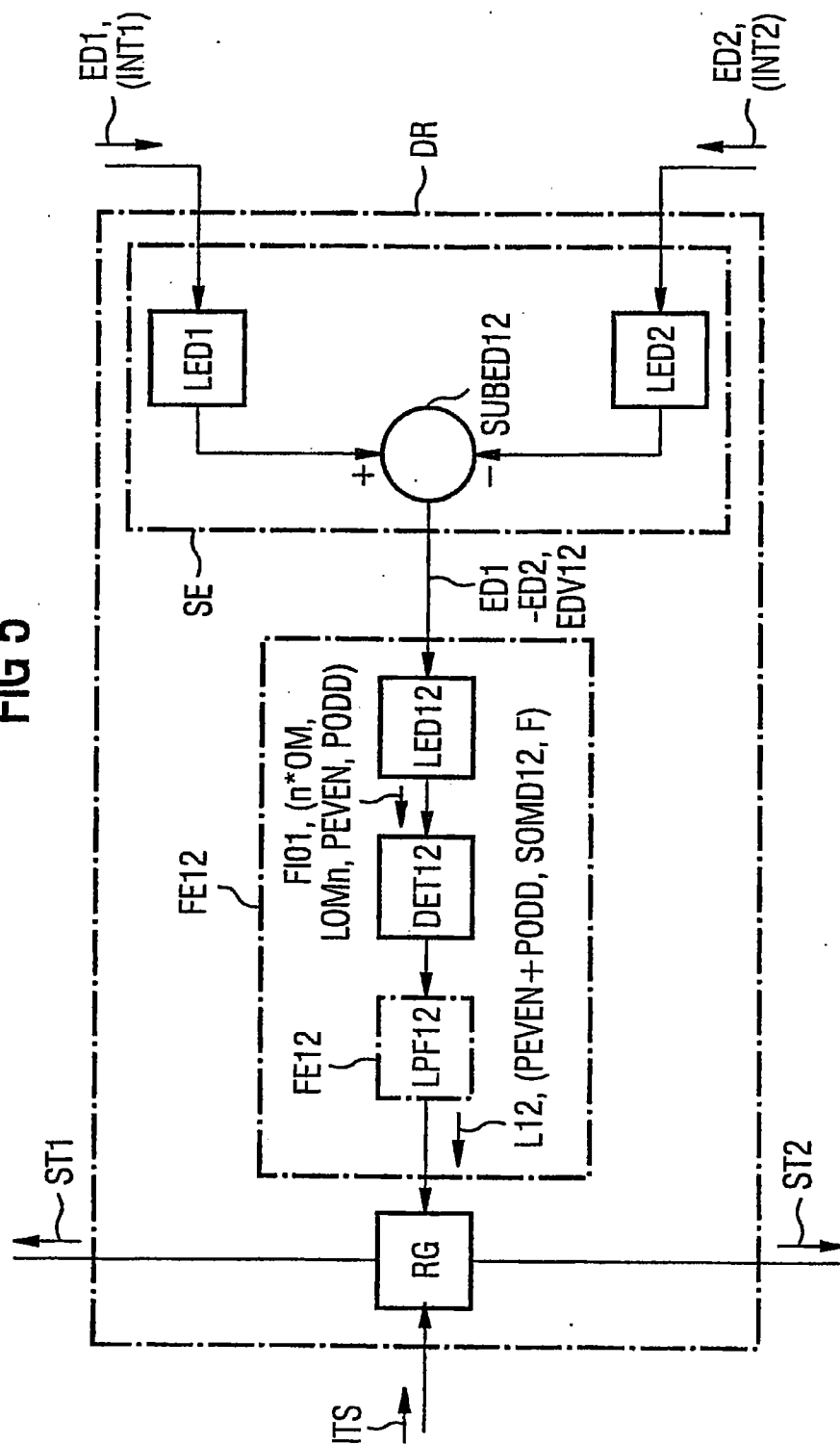


FIG 3

4/11

FIG 5



5/11

FIG 6

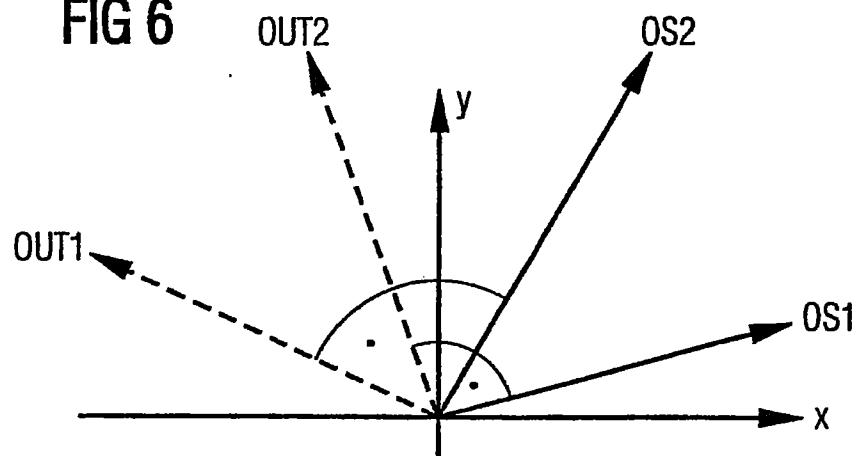
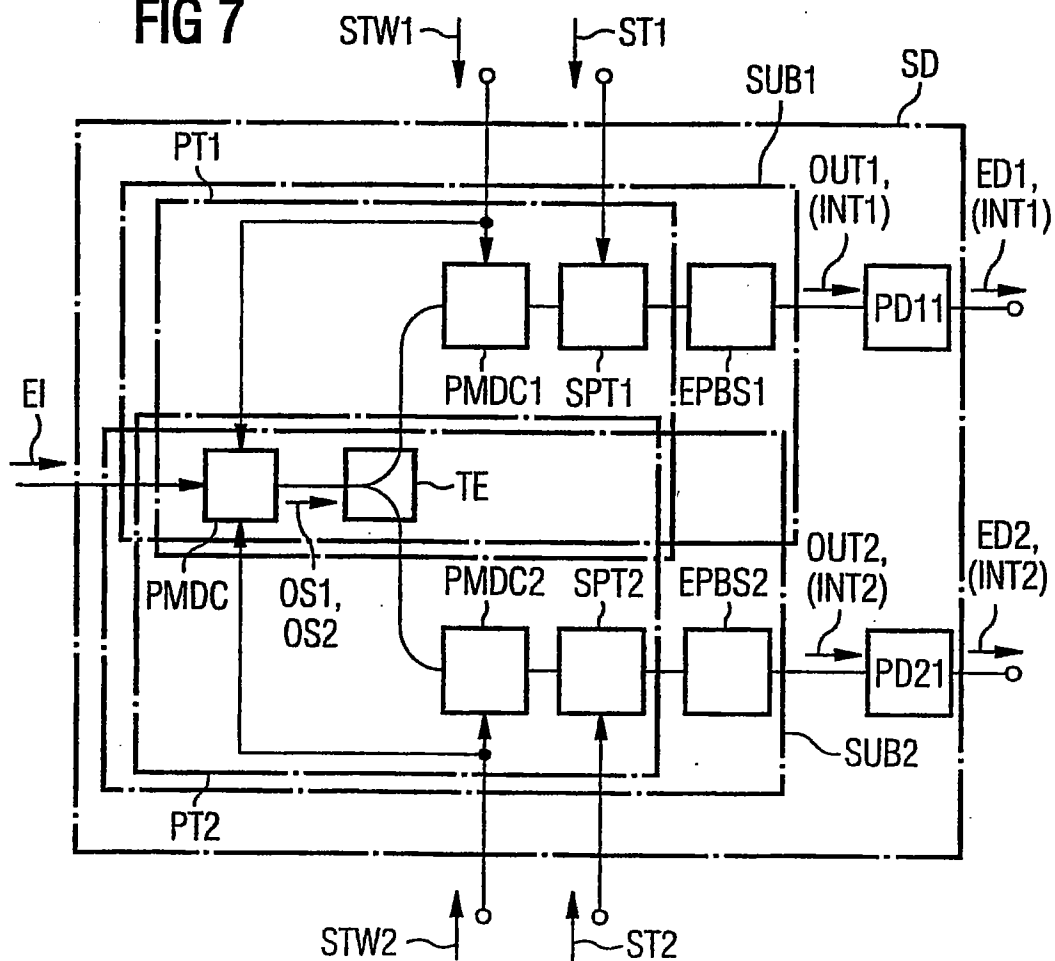
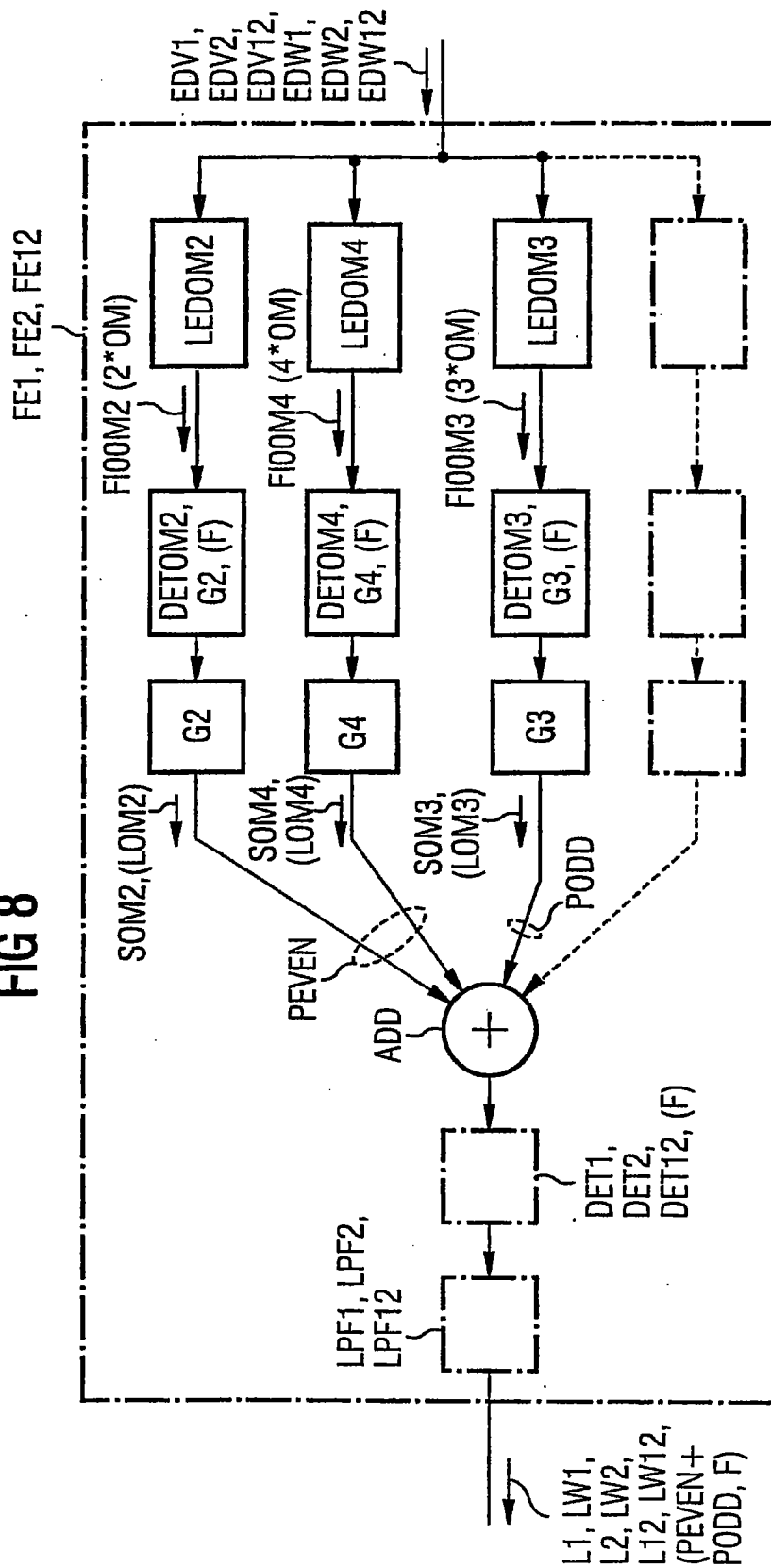


FIG 7



6/11

FIG 8



7/11

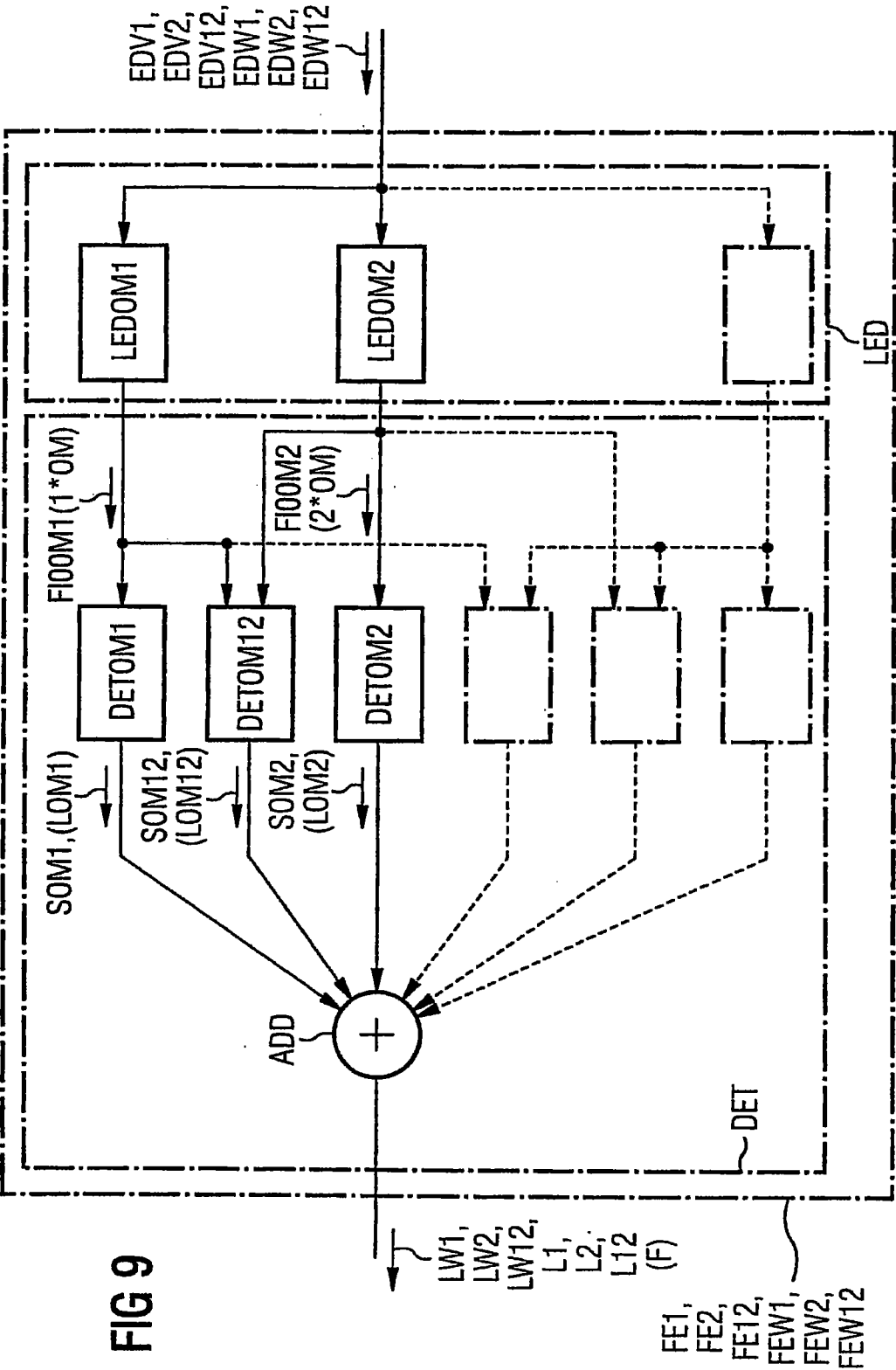
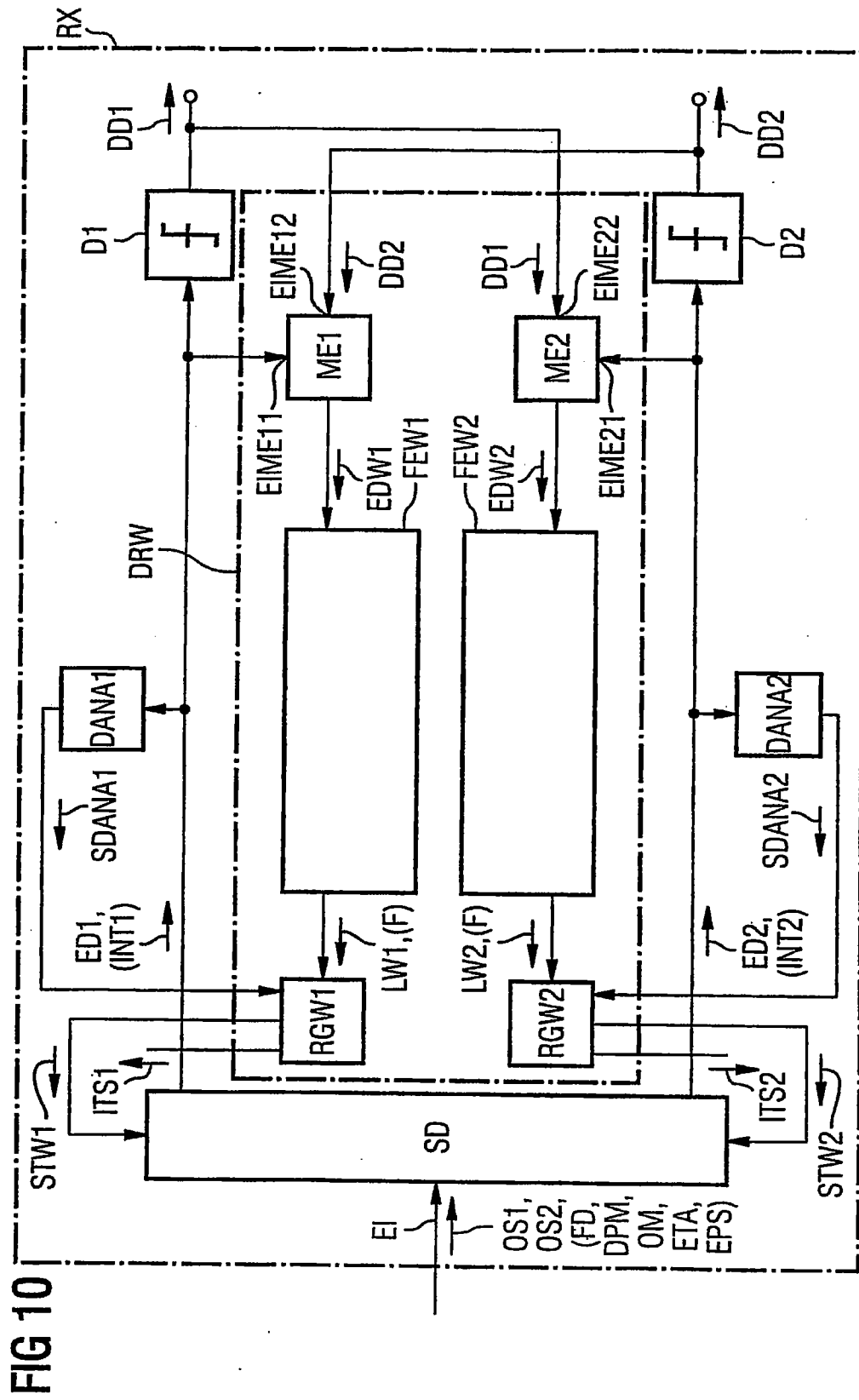
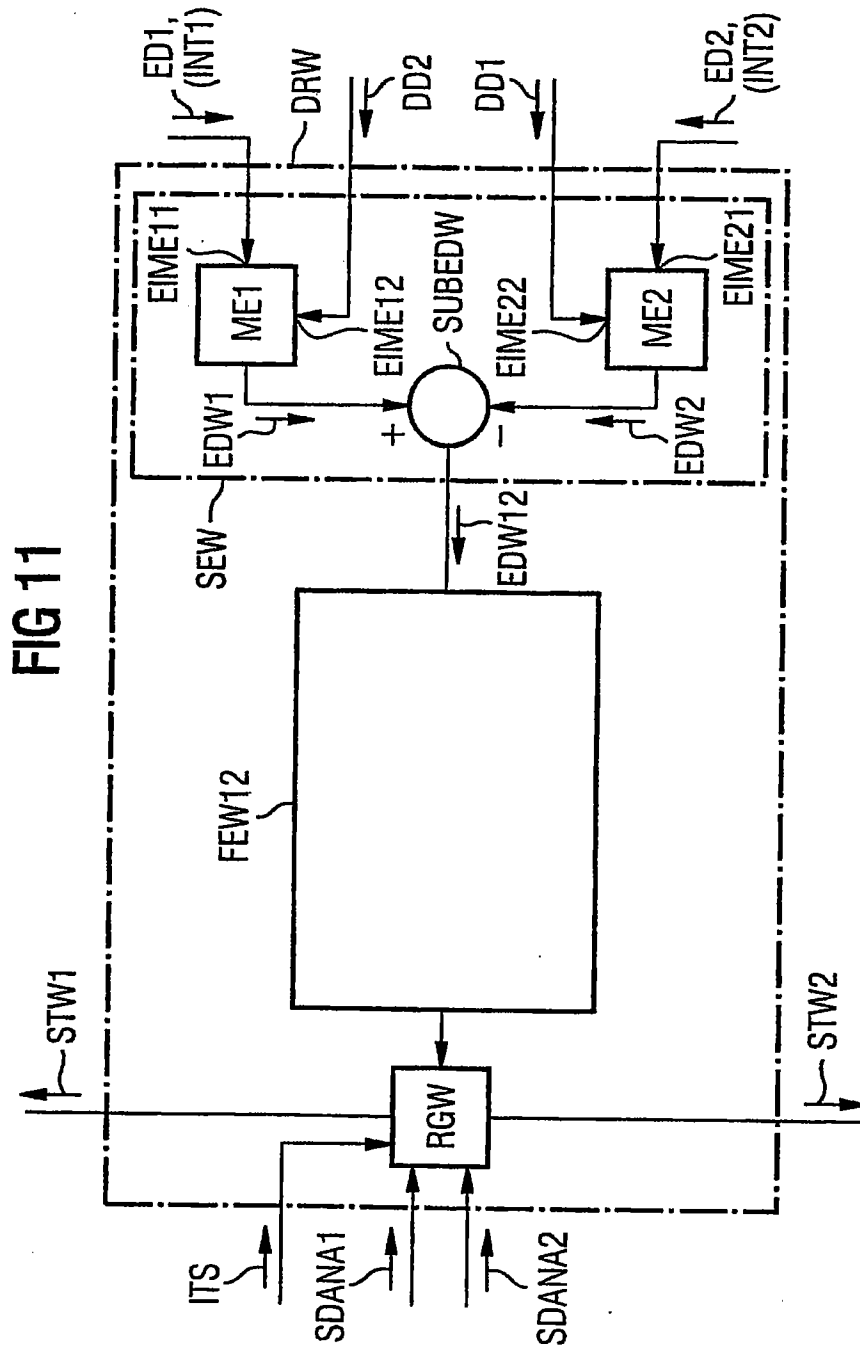


FIG 9

8/11



9/11



10/11

FIG 12

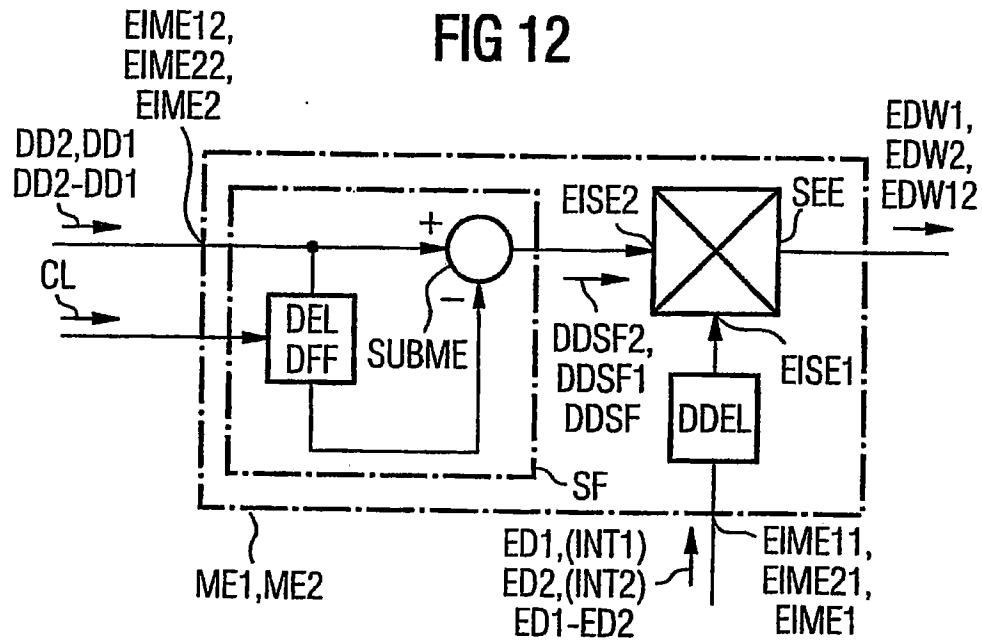
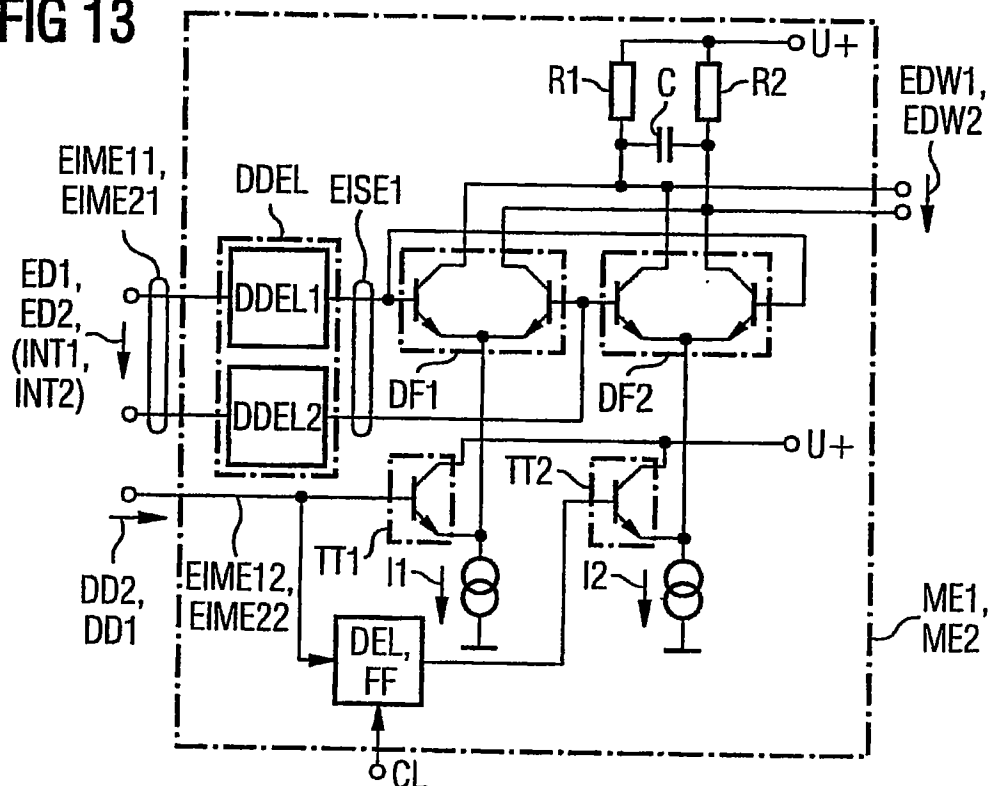
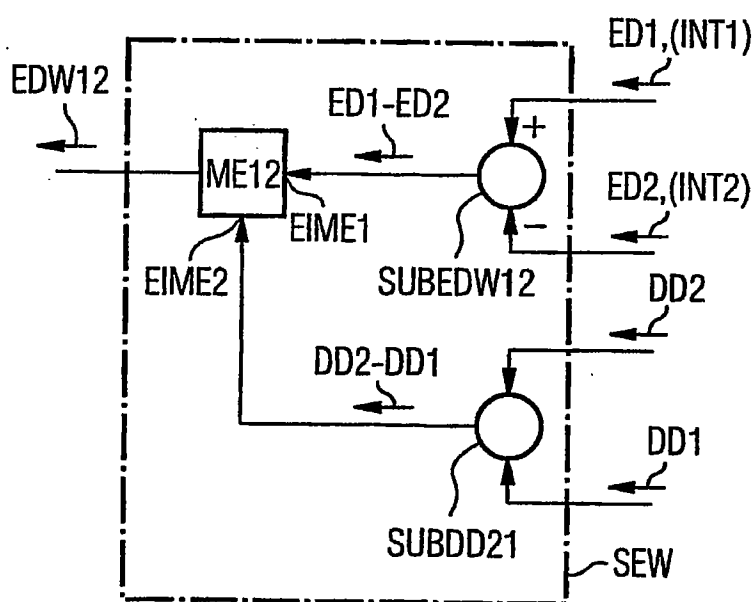


FIG 13



11/11

FIG 14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H04J14/06		Internat Application No PCT/DE 00/03066
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H04J		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 564 167 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 6 October 1993 (1993-10-06) abstract page 2, line 9 - line 55 page 3, line 33 -page 4, line 9	1,16
A	HEISMANN F ET AL: "AUTOMATIC POLARIZATION DEMULTIPLEXER FOR POLARIZATION-MULTIPLEXED TRANSMISSION SYSTEMS" PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION (ECOC),CH,ZURICH, SEV, vol. CONF. 19, 12 September 1993 (1993-09-12), pages 401-404, XP000492247 cited in the application abstract Kapitel I, II und III	1,16
-/-		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex. </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>*E* earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>*&* document member of the same patent family</p> </div> </div>		
Date of the actual completion of the international search <div style="text-align: center; font-weight: bold;">25 January 2001</div>		Date of mailing of the international search report <div style="text-align: center; font-weight: bold;">31/01/2001</div>
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer <div style="text-align: center; font-weight: bold;">Chauvet, C</div>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Appl. No.

PCT/DE 00/03066

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 5 062 153 A (TURPIN MARC ET AL) 29 October 1991 (1991-10-29) abstract column 2, line 4 -column 4, line 12</p>	1,16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/03066

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0564167 A	06-10-1993	US 5388088 A DE 69328645 D DE 69328645 T JP 6075138 A	07-02-1995 21-06-2000 11-01-2001 18-03-1994
US 5062153 A	29-10-1991	FR 2647560 A DE 69008034 D DE 69008034 T EP 0399861 A	30-11-1990 19-05-1994 04-08-1994 28-11-1990

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03066

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04J14/06

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H04J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 564 167 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 6. Oktober 1993 (1993-10-06) Zusammenfassung Seite 2, Zeile 9 - Zeile 55 Seite 3, Zeile 33 - Seite 4, Zeile 9	1,16
A	HEISMANN F ET AL: "AUTOMATIC POLARIZATION DEMULTIPLEXER FOR POLARIZATION-MULTIPLEXED TRANSMISSION SYSTEMS" PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION (ECOC), CH, ZÜRICH, SEV, Bd. CONF. 19, 12. September 1993 (1993-09-12), Seiten 401-404, XP000492247 in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Kapitel I, II und III	1,16

-/-



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. Januar 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

31/01/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Chauvet, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03066

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	<p>US 5 062 153 A (TURPIN MARC ET AL)</p> <p>29. Oktober 1991 (1991-10-29)</p> <p>Zusammenfassung</p> <p>Spalte 2, Zeile 4 - Spalte 4, Zeile 12</p>	1,16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03066

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0564167 A	06-10-1993	US 5388088 A	07-02-1995
		DE 69328645 D	21-06-2000
		DE 69328645 T	11-01-2001
		JP 6075138 A	18-03-1994
US 5062153 A	29-10-1991	FR 2647560 A	30-11-1990
		DE 69008034 D	19-05-1994
		DE 69008034 T	04-08-1994
		EP 0399861 A	28-11-1990